



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för landskapsarkitektur,
planering och förvaltning

Användningspotential av biokol i urban miljö

Sofie Östergren

Självständigt arbete • 30 hp

Landscape Architecture- Master's Programme

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Alnarp 2019

Användningspotential av biokol i urban miljö

The potential use of biochar in urban environments

Sofie Östergren

Handledare: Eva-Lou Gustafsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Bitr. handledare: -

Bitr. handledare: -

Examinator: Tobias Emilsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Bitr. examinerator Åsa Bensch, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A2E

Kurstitel: Independent Project in Landscape Architecture

Kursansvarig inst.: Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Kurskod: EX0852

Program/utbildning: Landscape Architecture- Master's Programme

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Sofie Östergren

Serietitel:

Delnummer i serien:

ISSN: XXXX-XXXX

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: biochar, biokol, soil amendment, carbon sequestration, N₂O, CH₄, CO₂, urban desification, pyrolysis, carbon sequestrstion, förtätning, urbana miljöer, kolsänka, pyolys, biokol i urbana miljöer

Sveriges lantbruksuniversitet

LTV-fakulteten

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

År 2016 uppskattades det att 54 % av världens populationer bor, arbetar och lever sina liv i städer eller urbana miljöer. I Sverige bor idag 85 % av befolkningen i tätorter jämfört med att 90% av befolkningen bodde på landsbygden på 1800-talet. Förändringen skedde med den industriella revolutionen som förvandlade Sverige från en fattig jordbruksnation till ett välfungerande industriland. I takt med urbaniseringen av städer och utveckling av det politiska samhället, där bostadsbrist drev på en utveckling och städerna som växte till med förorter, kallat urban sprawl. Idag används istället en annan metod för att hantera den ökande urbaniseringen, förtätande av städer. Det gör ytor i städerna eftertraktade och ytorna för vegetationen krymper. Gröna ytor anses vara en del av att skapa hållbara städer vilket bland annat kan mätas i ekosystemtjänster. Det ställer krav på växtligheten som får finnas kvar.

Biokol är organiskt material som har förbränts under syrefria förhållanden och har senaste tiden seglat upp som ett potentiellt medel med positiva klimateffekter. Bland annat genom biokolets förmåga att minska växthusgaser, agera som ett jordförbättringsmedel, rena dagvatten, avfallshantering samt energiproduktion. Som jordförbättringsmedel är det intressant för att förbättra ståndorter i den urbana miljön. Biokol är inte bara en produkt utan flera beroende på deras fysisk-kemiska egenskaper som bestäms av råmaterial och pyrolysisprocess. Dessa egenskaper kan göra att biokol beter sig olika i marken.

Det här arbetet är en explorativ undersökning som använder sig av flera olika tekniker som för samman information och data för att kartlägga fakta om biokol och även dess användningspotential i växtbäddar i urbana miljöer. Det består av en litteraturstudie samt intervjuer med Stockholm stad och Göteborgs stad, Uppsala kommun, Peab och Bara mineraler.

Det finns en stor potential i användningen av biokol som jordförbättringsmedel i urbana miljöer, men det finns inte tillräckligt med forskning idag som visar på resultat som kan användas i branschen. Fördelarna med biokol går utanför den gröna sektorns gränser. Den stora vinsten med biokol är inte de separata fördelarna utan helheten, det cirkulära tänkandet som kan integreras i den ekologiska livscykeln, är i kombination med varandra en del i ett nytt tankesätt.

Abstract

In 2016, it was estimated that 54% of the world's populations live and work in cities or urban environments. In Sweden, 85% of the population lives in urban areas compared to 90% of the population lived in rural areas in the 19th century. The change took place with the start of the industrial revolution that transformed Sweden from a poor agricultural nation to a well-functioning industrial country. In step with the urbanization of cities and the development of political society, where housing shortages urged a development of cities that grew with suburbs, called urban sprawl. Today another method is used to manage the increasing urbanization: densification of cities. It makes surfaces within the cities attractive for exploitation and the surfaces for vegetation shrink. Green surfaces are considered part of creating sustainable solutions that can be measured in ecosystem services. This requires demands on the vegetation and its habitat.

Biochar is organic material that has been burned under oxygen-free conditions and has recently been recognized as a potential agent that can produce positive climate effects. Biochar has potential to mitigate greenhouse gases, act as a soil amendment, clean storm water, waste management and energy production. As soil amendment, it can improve the quality of plant beds in the urban environment. The characteristics of biochar is dependent on its physio-chemical properties determined by feedstock and pyrolysis process. These properties can cause the biochar to behave differently in the soil.

This work is an exploratory study that uses different techniques that bring together information and data to map facts about biochar and also its potential use in plant beds in urban environments. This study consists of a literature study as well as interviews with Stockholm city and Gothenburg city Uppsala municipality, Peab region syd AB and Bara mineraler AB.

There is great potential in the use of biochar as soil amendment in urban settings, but there is not enough research today that can confirm results with use of biochar in urban environments. The benefits of biochar are beyond the boundaries of the green sector. The big advantage with biochar is not the separate benefits, but when they come together as a whole that can be integrated into the ecological life cycle.

Förord

Jag har gjort ett mastersarbete inom Landskapsarkitektur, 30 hp, Landscape Architecture Master's Programme, Självständigt arbete inom landskapsarkitektur vid Sveriges lantbruksuniversitet.

Jag skulle vilja tacka min handledare, Eva-Lou Gustafsson, för all hjälp och stöd jag har fått under arbetet. Även Stockholm stad, Göteborgs stad, Uppsala kommun, Peab och Bara mineraler förtjänar ett stort tack för att de ställde upp på intervjuer. Jag vill även tacka Sanna och Ida som hjälpt till med korrekturläsning. Ett stort tack till familj och andra vänner som har stöttat mig under denna process.

Innehållsförteckning

1	Inledning	2
1.1	Bakgrund	2
1.2	Syfte	3
1.3	Avgränsning	3
2	Material och Metod	4
2.1	Litteraturstudie	4
2.2	Intervju	5
	2.2.1 Intervjumetod	5
	2.2.2 Urval	5
3	Litteraturstudie	7
3.1	Den urbana miljön	7
	3.1.1 Förtätning, klimatanpassning och gröna ytor	10
	3.1.2 Ekosystemtjänster i staden	11
	3.1.3 Hållbar dagvattenhantering och växtsanering	12
	3.1.4 Växtbäddar i staden	13
3.2	Biokol	14
	3.2.1 Historisk användning av biokol och eld	15
	3.2.2 Pyrolys och råmaterial	15
	3.2.3 Biokol och sanering	17
	3.2.4 Närings- och vattenhållande förmåga	18
	3.2.5 Biokol, träd och urbana jordar	22
	3.2.6 Påverkan av utsläpp av växthusgaser	23
4	Intervjuer	25
4.1	Biokolsanvändningen inom Göteborgs Stad	25
	4.1.1 Sammanfattning av intervju med Göteborgs stad	25
4.2	Biokolsanvändningen inom Stockholms stad	26
	4.2.1 Sammanfattning av intervju med Stockholm stad	27
4.3	Biokolsanvändningen inom Uppsala kommun	29
	4.3.1 Sammanfattning av intervju med Uppsala kommun	29
4.4	Biokolsanvändningen av Bara Mineraler	30
	4.4.1 Sammanfattning av intervju med Bara Mineraler	30
4.5	Biokolsanvändningen av Peab Malmö	33
	4.5.1 Sammanfattning av intervju med Peab Malmö	33

5	Diskussion	35
5.1.1	Metoddiskussion	37
5.1.2	Intervjuer	38
5.1.3	Hur ska de som arbetar med förvaltning och planering av gröna ytor förhålla sig till biokol i den urbana miljön?	41
6	Referenser	44
6.1	Muntliga referenser	44
6.2	Referenser	44
7	Bilagor	50
7.1	Bilaga 1. Intervjudokument för Göteborg Stad	50
7.2	Bilaga 2. Intervjudokument för Stockholm Stad	52
7.3	Bilaga 3. Intervjudokument för Uppsala kommun	54
7.4	Bilaga 4. Intervjudokument för Bara mineraler	55
7.5	Bilaga 5. Intervjudokument för Peab	57

Figurförteckning

Figur 1. Illustration som visar biokolets användningsområden. (Av: Sofie Östergren 2019)

Figur 2. Bild på Stockholms stads biokolsanläggning i Högdalen. (Foto: Sofie Östergren 2019)

Figur 3. Principskiss över uppbyggnad av växtbädd med skelettjord. Skissen är ej skalenlig och representerar ej verkliga mått eller mängder. (Av: Sofie Östergren 2019)

Figur 4. Principskiss över uppbyggnad av växtbädd med kolmakadam. Skissen är ej skalenlig och representerar ej verkliga mått eller mängder. (Av: Sofie Östergren 2019)

Figur 5. Bild på biokol producerat av Stockholm stad. (Foto: Sofie Östergren 2019.)

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den urbana miljön förtätas och ytor inom staden är eftertraktade att exploatera. Det ställer krav på ytorna och deras användning. Grönytor i den urbana miljön bidrar med så kallade ekosystemtjänster, och är därigenom en resurs som är högst relevant för att kunna skapa miljöer som erbjuder goda levnadsvillkor för människor i urbana rum. Ekosystemtjänster är definierade enligt Takano (2005) som de funktioner som ekosystem bidrar till att förbättra människans levnadsvillkor och välmående. Ekosystemtjänster brukar delas in i fyra kategorier: kulturella ekosystemtjänster, reglerande ekosystemtjänster, försörjande ekosystemtjänster samt stödjande ekosystemtjänster.

Deak Sjöman et al. (2015) skriver för att dessa gröna ytor ska kunna bidra med ekosystemtjänster krävs att växterna däri är vitala. Stadsmiljön har en mängd olika ståndorter som inte per automatik behöver betyda att markförhållandena är av sämre kvalitet än naturliga förhållanden som många kan tänka sig. Bland annat kan växtlighetens levnadsvillkor i parkmark skilja sig från växtlighetens levnadsvillkor i hårdgjord miljö. Inom den hårdgjorda miljön kan det uppstå olika typer av problematik för växter, och det kan vara ett problem i en stad som förtätas där det kan vara hård konkurrens om plats både ovan och under jord. Lösningar behövs där växternas behov tillgodoses trots begränsad yta.

Biokol anses kunna vara en del av lösningen med den problematik som kan finnas i stadsmiljö trots begränsade resurser. Dock finns det få studier genomförda på biokolets inverkan i urban miljö. Inriktningen i detta arbete är i huvudsak biokolets påverkan på urbana miljöer. I yrkesrollen som planerare eller förvaltare av utemiljö kommer man troligen någon gång behöva

ta ställning till val av växtbäddar och deras substrat samt även behöva uppfylla krav på hållbara lösningar som genererar resultat trots begränsade resurser.

Problemet med användandet av biokol i urban miljö är att det inte finns tillräckligt med studier för att kunna påvisa effekten av biokol i växtbäddar i urban miljö. Därför är det intressant att ta del av den erfarenhet som förvaltningarna har av biokol. Samt att ta del av deras motiveringar bakom användandet av biokol.

1.2 Syfte

Syftet med det här arbetet är att finna svar på följande frågeställningar.

Vad är biokol, och vilka är deras huvudsakliga användningsområden?

Vad vet vi om biokolets påverkan i växtbäddar i urban miljö?

Hur används eller ska biokol användas i växtbäddar, inom kommuner, anläggningsföretag och jordtillverkare?

Hur ska yrkesverksamma inom gröna sektorn förhålla sig till biokol i den urbana miljön?

1.3 Avgränsning

Detta arbete utgörs av en litteraturstudie och en intervjudel med personer inom Stockholm stad, Göteborgs stad, Uppsala kommun, Peab samt Bara mineraler. Den första delen av litteraturstudien handlar om förtätning av städer, ekosystemtjänster och problem med ståndorter. Den andra delen handlar om biokol och dess användningsområden, som jordförbättring, dagvattenrening, avfallshantering och minskade växthusgaser för att ge en inblick i vad biokol kan bidra till samhället ur ett klimatperspektiv.

2 Material och Metod

Detta arbete är en explorativ undersökning (Patel och Davidson, 2003) som innehåller en litteraturstudie och en intervjudel som samlar information och data för att kartlägga fakta om biokol och även dess användningspotential i växtbäddar i urbana miljöer. Insamlandet av information har baserats på den litteratur som finns tillgänglig, men har också kompletterats med intervjuer med personer från i Stockholm stad, Göteborgs stad, Uppsala kommun, Bara mineraler AB och Peab AB Region syd, som är eller inom en snar framtid ska bli aktiva inom användningen av biokol. De har intervjuats för att ta reda på deras vision och motivering till användandet av biokol i urbana miljöer.

2.1 Litteraturstudie

Informationen som har samlats till litteraturstudien har hämtats från böcker, artiklar från publicerade tidskrifter och vetenskapligt granskade artiklar som är peer-reviewed på främst SLU-bibliotekets sökmotor Primo. Selektionen av litteratur har baserats på vad som är relevant för ämnet och sökord som "biokol", "urban miljö", "biochar", "förtätning" "soil amendment" "pyrolysis" har använts. Mycket av informationen om biokol har hämtats ur boken "Biochar for environmental management: science and technology" av Lehmann och Joseph (2009) och har kompletteras med vetenskapliga artiklar.

2.2 Intervju

2.2.1 Intervjumetod

För intervjuer med personer från Stockholm stad, Göteborgs stad, Uppsala kommun, Bara mineraler AB och Peab AB region syd och deras ståndpunkter om biokol har en kvalitativ intervjumetod tillämpats. Enligt Patel och Davidson (2003) består en kvalitativ intervju ofta av öppna frågor där intervjupersonen kan svara med egna ord. Kvalitativ intervju är att föredra för detta arbetet eftersom det är viktigt att undersöka motiven bakom användandet av biokol genom att intervjupersonen får utveckla sitt svar. Detta jämfört med om intervjuformatet skulle ha fasta svarsalternativ som intervjupersonerna skulle ha svarat på. Frågeformuläret i arbetet består av hög grad av strukturering men låg grad av standardisering vilket innebär att frågorna var formulerade innan intervjun genomfördes, men frågorna var öppna och fick intervjurespondenten att svara med egna ord.

Intervjun gick till så att intervjupersonerna kontaktades via mail för att fråga om de, i egenskap av sin roll inom respektive organisation, ville svara på frågor om deras erfarenhet av biokol. Valet på hur intervjun skulle gå till landade i att intervjupersonerna fick svara på frågorna skriftligt i ett dokument, eftersom det skulle ge en chans till reflektion över frågorna samt att det passar den kvalitativa intervjumetoden. Valet av frågor anpassades efter organisationen.

Eftersom jag har intervjuat personer som hanterar grönytor, har fokus på frågorna och deras utformning fokuserat mest på biokolets egenskaper i växtbäddar samt biokolets potential utifrån deras jordförbättrande förmåga.

2.2.2 Urval

Valet av städer grundades i att Stockholm, Göteborg och Uppsala tillhör Sveriges största, de ställs inför de utmaningar och problem vid förtätning. De har redan eller ska införa biokol som jordförbättringsmedel till sina växtbäddar i städerna. Bara mineraler är ett jordtillverkningsföretag som säljer biokol och Peab är ett anläggningsföretag. Val av intervjupersoner

inom förvaltningarna grundar sig på att de har god insikt eller är drivande inom biokolsanvändning inom den organisation de arbetar i.

3 Litteraturstudie

3.1 Den urbana miljön

År 2016 uppskattades det att 54 % av världens populationer bor, arbetar och lever sina liv i städer eller urbana miljöer (UN, 2016). Att fler och fler människor flyttar till urbana miljöer kallas för urbanisering. Samhället måste kunna garantera att människor i urbana miljöer kan leva ett värdigt liv samtidigt som krav på miljömål och hållbarhet uppfylls, vilket ställer höga krav på stadsplaneringen (UN, 2016). Svanström (2015) skriver att det i Sverige finns närmare 2000 tätorter, och att det finns skillnader mellan att bo i tätort och på landsbygd. För att ett område i Sverige ska räknas som tätort ska det vara minst 200 invånare och vara mindre än 200 meters avstånd mellan husen på området. Svanström (2015) skriver vidare att det är ett relevant mått för skandinaviska proportioner men i många andra länder så krävs det större mått än så.

Den 31 december 2018 var de fyra största kommunerna i Sverige sett ur befolkningens mängd, Stockholms kommun med 962 154 medborgare, Göteborg med 571 868 medborgare, Malmö kommun med 339 313 medborgare och Uppsala med 225 164 medborgare, alla fyra städer har ökat sina invånare sedan 2017 (SCB, 2018).

Svanström (2015) skriver att på 1800-talet bodde 90% av Sveriges befolkning på landsbygden, men i samband med den industriella revolutionen har urbaniseringen ökat och idag bor 85% av Sveriges invånare i tätorter.

Enligt Svedberg (1980) var Sverige vid sekelskiftet år 1900 att betrakta som ett u-land och med en allmänt utbredd arbetslöshet och bostadsbrist. Många emigrerade då, speciellt unga människor sökte lyckan i Amerika. Men det var de unga som behövdes för att kunna bygga upp Sverige från en jordbruksnation till en utvecklad industrination och därför var samhället tvunget

att agera. Under den första delen av 1900-talet händer mycket i Sveriges samhällsutveckling. Bland annat uppstår den nya engagerade arbetarrörelsen som startade fackförbund även ett nytt parti bildades som bland annat arbetade för att invånare i staden inte skulle behövas trängas i små, moderna bostadshus. Stadens gränser växte och förorter uppkom (Svedberg, 1980)

Svanström (2015) skriver att det var arbetslösheten på landsbygden och industrialiseringens utveckling som ledde till att människor sökte sig till städerna. Svedberg (2015) menar att detta ställde större krav på städerna och deras utformning. På 1930-talet kom funktionalismen som slog igenom stort på Stockholmsutställningen 1930. Det var inte bara arkitekturen som ändrades, det var också stadsbilden. Vid samma tid var det en brytpunkt i historien då det vid 1930 fanns det lika många människor som bodde i tätorter som på landsbygden. Vidare skriver Svedberg (2015) att ledorden och det som skulle få störst betydelse för både stadsplanering och arkitektur var: praktiskt, hälsosamt och ekonomiskt.

Många av de socialpolitiska bostadsreformerna grundades under efterkrigstiden, på 1940-talet, och en av de viktigaste reformerna var att samhällsplanering och bostadsbyggande nu skulle ske i statens och kommunernas regi istället för att stadsplanering och bostadsbyggande styrdes av den fria marknaden (Rudberg, 1980). De sociala bostadsreformerna tog sitt ursprung i den stora bostadsbrist och den låga bostadsstandard som eskalerade i städerna i kombination med att befolkningens mängden ökade och städerna urbaniserades. Under dessa expansiva år av byggande förändrades städerna och förorter växte till utanför den traditionella stadsramen (Rudberg, 1980). Dessa förorter som framförallt byggdes under de mest expansiva åren under 1950- och 1960-talen har fått stå i fokus under följande årtionden och har kritiserats för bland annat isolering och segregering, de kallas i folkmun för miljonprogramsområden (Johansson, 1980). Städerna växte fram genom stadsutbredning, där ytorna kring stadskärnorna exploaterades och regioner växte vilket kallas för urban sprawl (Bruegmann, 2005).

Idag anses urban sprawl vara ett sämre tillvägagångssätt att utveckla städer på ur stadsplaneringssynpunkt, framför allt med tanke på hållbarhet och klimatsmarta städer. Idag är stadsplaneringsynen fokuserad på att förtäta

städer och inte ta naturområden eller produktionsmark i anspråk (Boverket, 2012). Enligt Boverket (2016) är argumenten som framförs gällande förtätning av städer att de invånare som lever nära eller i städer bland annat ska vara mindre beroende av biltransporter och slippa färdas långa sträckor. Alltså bygga städer inåt snarare än utåt. Andra argument anses vara, förutom att det bidrar till en större ekologisk hållbarhet, att det är bra för det sociala hållbarhetsperspektivet där möjligheten till möten ökas eftersom många människor vistas på samma ytor och interagerar när stadsplaneringen kan knyta ihop flera stadsdelar med varandra. Vidare skriver Boverket (2016) att det också finns en del problematik med förtätning. Bland annat att solljus har svårt att nå till lägenheter långt ner i byggnader och gator. Även grönytor i städerna som är viktiga för ekosystemtjänster bebyggis istället för att bevaras (Boverket, 2016). Tätt och hög bebyggelse kan också ha en påverkan på mikroklimatet bland annat genom att den kan bidra till att skapa blåsig passage och innergårdar och att det tvärtom intentionerna kan bidra till segregering och gentrifiering när markpriser och bostadspriser ökar och tvingar bort de ursprungliga invånarna som inte har råd att bo kvar. Boverket (2016) skriver vidare att för att förtätning ska fungera som stadsplaneringsmetod, för att kunna uppfylla de hållbarhets- och klimatmål som Sverige är förpliktigad att arbeta mot på nationell och internationell nivå, gäller det att ha en bra strategi och plan för förätningsområden så att dessa bidrar till ett bättre klimat och en ökad hållbarhet.

Enligt Naturvårdsverket (2017) bestämdes det under 2017 att Sverige ska anta en ny klimatlag som innebär nya mål för klimatpåverkande utsläpp, lagen antogs den 1 januari 2018 (Miljödepartementet och Utrikesdepartementet, 2018). Bland annat innebär lagen att Sverige år 2045 ska ha minskat sina klimatpåverkande utsläpp med 85% jämfört med de utsläpp man hade 1990. Efter 2045 ska bli utsläppen bli negativa, det vill säga att utsläppen tas upp från atmosfären och lagras i mark och skog. Vidare menar Naturvårdsverket (2017) att de mål som Sverige har satt upp till 2045 går längre än de klimatförpliktelser som Sverige har gentemot EU och FN.

3.1.1 Förtätning, klimatanpassning och gröna ytor

Träd och grönska i staden har historiskt ansetts att huvudsakligen bidra med endast estetiska och kulturella värden (Deak Sjöman et al., 2015) men i samband med klimatförändringar och förtätade städer har grönytor och vegetation fått en allt viktigare roll i stadsplaneringen (Boverket, 2012). Det finns bland annat beskrivet i *Vision för Sverige* av Boverket (2012) att grönytor i staden bör prioriteras vid stadsplanering, för att skapa trivsamma livsmiljöer samt även för att bidra med funktioner som staden behöver, så kallade ekosystemtjänster (Boverket, 2012). Det finns flera sätt att mäta och synliggöra grönytornas värden i staden. Bland annat genom grönytefaktorn, som är ett planeringsverktyg som kan användas i stadsplaneringsskeden (C/O City, 2016). Genom att beräkna grönytefaktorn kan man analysera förekomsten av olika former av grönstruktur inom ett område. Olika typer av grönstruktur genererar olika mycket poäng beroende på vilka ekosystemtjänster de bidrar med, och i hur stor utsträckning de kan bidra (Boverket, 2016, C/O City, 2016).

Boverket (2016) skriver att framtida klimatförändringar i världen och Sverige kan leda till fler extrema väderkatastrofer som kommer att ge effekter på viktiga samhällsfunktioner. Detta ställer högre krav inte bara på nybyggnationer, utan även på befintlig bebyggelse som måste anpassas efter förändringarna. Där kan de gröna ytorna med träd och vegetation tillsammans med blå ytor som dammar och vattendrag hjälpa till att rena luften, sänka temperaturer och hantera ökade vattenmängder. Vidare skriver Boverket 2016 att grönytor kan sänka lufttemperaturen varma sommandagar, ta hand om nederbörd och kan även tjänstgöra som rekreationsytor för stadsinvånare. Ytor som fyller flera funktioner än en benämns som multifunktionella eller mångfunktionella ytor och är ur förtätningssynpunkt högst intressanta. Vidare skriver Boverket (2016) att trots att värnandet av grönytor anses kunna vara ett steg mot klimatanpassning samt även kunna göra staden nytta, är det inte alltid detta prioriteras. Framför allt är det inte alltid att grönytor planeras i samma noggrannhetsgrad i planeringsskeden som detaljplaner och ofta kan grönytor i den förtätande miljön offras, eller så hanteras grönskan inte tillräckligt varsamt vid byggnation och vegetationen försvinner (Boverket, 2016, Deak Sjöman et al., 2015).

Deak Sjöman et al. (2015) skriver att vid byggnad av staden bör man säkerställa att det förekommer en god planering bakom uppbyggnaden. Författarna menar att det har betydelse att grönstrukturen planeras i fler nivåer genom planeringsprocessen, och ju mindre skala desto mer detaljanpassande behöver lösningarna vara. Olika typer av växtmiljöer som förekommer i staden kan variera mycket i kvalitet. Till exempel har träd som växer i parkmark helt andra förutsättningar än vad ett träd som växer i hårdgjord miljö har. Vidare skriver Deak Sjöman et al. (2015) att detta också ställer krav på vilka typer av växter som kan klara av att växa i staden och olika typer av ståndorter inom den urbana miljön. Dessa växter bör sorteras in i olika kategorier utifrån olika utmaningar och problem för att sedan kunna planera växtligheten efter det. Några av dessa kategorier kan vara ståndorter i hårdgjorda miljöer och parkmiljöer. Staden som växtmiljö kan vara utmanande ur många perspektiv och speciellt i den mer förtätade urbana miljön, där det blir trångt både över och under mark för växter. Under mark kan det handla om infrastruktur som ledningar och va-system, ovan mark kan det till exempel handla om byggnader som konkurrerar om utrymme.

3.1.2 Ekosystemtjänster i staden

Ekosystemtjänster definieras enligt *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB, 2011) som ekosystems direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande. Takano (2005) skriver att i och med att allt fler människor flyttar till tätorter, och som tidigare nämnts bor en övervägande majoritet i Sverige i tätorter, bör också samhället sörja för en acceptabel levnadsstandard och samtidigt möta klimatmål. När det kommer till grönytor i staden måste stadsplanerare, utbildare och landskapsarkitekter vara medvetna om vad ekosystemtjänster är och hur dessa kan nyttjas för att uppnå en hållbar stad. Gómez-Baggethun och Barton (2013) skriver att ekosystemtjänster som koncept kan ha en betydande roll i hur vi ser på och värderar grönytor och vad de har för betydelse för människans levnadsstandard. Om ekosystem försvinner kan det få långvariga ekonomiska konsekvenser och även påverka sociala och kulturella värden som är kopplade till ekosystemtjänster.

Nyttan av ekosystemtjänsterna i städerna blir som störst när ekosystemen kan leverera med full kapacitet, vilket i sin tur är beroende av

vegetationens kvalitet och kondition. Vegetation med god vitalitet kan således leverera ekosystemtjänster i större utsträckning än vad vegetation med låg vitalitet kan (TEEB, 2011). Därför är det viktigt att skapa förutsättningar för att träd och annan vegetation har förutsättningar att utvecklas till den potential som den har (Deak Sjöman et al., 2015).

Det tar lång tid för träd och annan vegetation att nå sin fulla potential. För ett träd att bli fullvuxet kan det i bästa fall ta ett tiotal år, därför är det viktigt att inte fokusera all planering på nyproducerade ytor i städerna men också att skydda, bevara och värdesätta de grönytor som redan finns idag (Deak Sjöman et al., 2015, Boverket, 2012). Det är skillnad på olika typer av grönytor. En gräsmatta ger inte samma typer eller mängder av ekosystemtjänster som till exempel en skog och det är därför viktigt att ha insyn i vad en specifik grönyta ger för kvalitéer (Dahl et al., 2017). Dempsey och Robertson (2012) skriver att i diskussionen kring ekosystemtjänster benämns de ofta i termer av den ekonomiska vinst som kommer av att ha grönytor i städerna. Det innebär också att när det har satts ett värde på en ekosystemtjänst, så finns det alltid någon som kan bjuda eller trumfa över det värdet, att man kan köpa sig fri från ansvar för att kunna exploatera på de grönytor som är designade för att hjälpa städerna med hållbarhet och miljö.

TEEB (2011) är organisationen vars indelning av ekosystemtjänster i olika kategorier ofta brukar ligga till grund för att tydliggöra inom vilka områden och tjänster som de bidrar med: reglerande ekosystemtjänster, producerande ekosystemtjänster, kulturella ekosystemtjänster samt stödjande ekosystemtjänster.

3.1.3 Hållbar dagvattenhantering och växtsanering

Deak Sjöman et al. (2015) skriver att en relativt ny hantering av dagvatten är att istället för att leda ner nederbörd i dagvattensystem, använda så kallad öppen dagvattenhantering, vilket även anses vara en del lösning på hållbarhetsmålen inom staden. Öppen dagvattenhantering är en efterliknad av naturlig infiltration av nederbörd som innebär att nederbörden fördröjs och infiltreras innan det rinner ner i dagvattensystemet. På så vis kan dräneringsvatten, regnvatten och smältvatten infiltreras i marken och istället för

att ledas bort direkt kan vattnet användas av växter eller samlas i dammar för att senare antingen ledas till dagvattensystem eller filtreras till grundvattnet. Deak Sjöman et al. (2015) menar vidare att vegetation spelar stor roll i öppen dagvattenhantering och olika typer av växtlighet tar upp olika stor mängd vatten. Till exempel så kan ett skogsparti ta upp mera vatten än en gräsmatta.

Fytoremediering, sanering med hjälp av växter, är ett omfattande begrepp som innebär olika tekniker som använder sig av växter och mikrober för rening av förorenande jordar, luft, avloppsvatten etc. med hjälp av nedbrytning, borttagning, inneslutning eller ackumulering av föroreningar (Mench et al., 2009). Syftet med att använda sig av fytoremediering är att det är kostnadseffektivt och miljövänligt. Olika ämnen som förorenar kan var kadmium, zink, nickel och arsenik men också polycykliska aromatiska kolväten (PAH) (Vangronsveld et al., 2009). Biokol har använts i försök i samband med fytoremediering (Park et al., 2011, Piscitelli et al., 2018).

3.1.4 Växtbäddar i staden

Deak Sjöman et al. (2015) skriver att i den förtätande staden förkommer det flera utmaningar än att förvalta, bibehålla och införa grönytor, det finns också en variation av ståndorter i den urbana miljön som kan vara mer eller mindre gynnsamma för växten. Författarna menar att förhållandena skiljer sig mellan parkmark och hårdgjorda ytor i en stad, där hårdgjorda ytor ställer större krav på växterna genom att ytorna under och över mark kan vara begränsade. Detta kräver noggrannhet gällande växtval, där det gäller att placera rätt växtart på en ståndort som växten klarar av, vilket gäller för framför allt träd som ofta har större behov av utrymme. För att förbättra ståndorten under mark utan att behöva kompromissa allt för mycket med andra funktioner finns olika lösningar som kan förbättra tillgången till utrymme, vatten, näring och gasutbyte. Bland annat menar Deak Sjöman et al. (2015) att så kallad skelettjord kan konstrueras för träd i hårdgjord miljö, vilket kan beskrivas som två tredjedelar större faktorer av krossad sten som packas och en tredjedels hålrum som delvis fylls med växtjord. Det ger utrymme för rötterna samtidigt som det ger en hållbarhet som det går att göra en överbyggnad på. I avsnitt 4.2.1 visas exempel på hur Stockholms stad gör sina växtbäddar med skelettjord, där de också blandar i biokol i

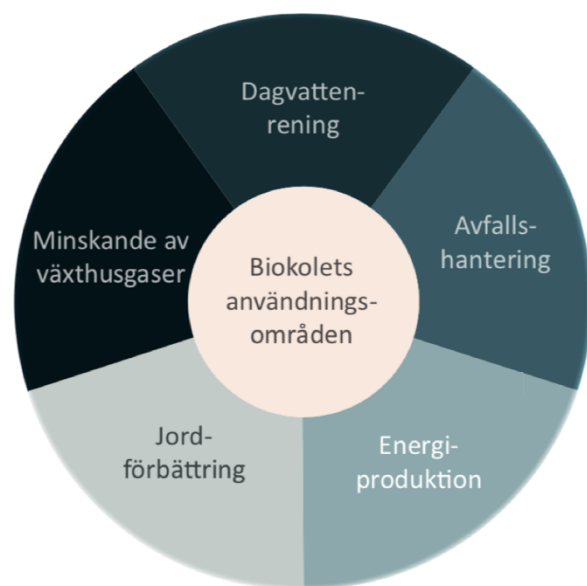
växtjorden. Andra lösningar kan vara specialkonstruktioner för att få in växtlighet på bjälklag, som kräver en lättare konstruktion där bland annat pimpsten kan ingå i blandningen.

3.2 Biokol

Biokol är enligt Lehmann och Joseph (2009) den produkt som kommer ur den process där organiskt material, biomassa, bränns under syrefattiga förhållanden och som kallas pyrolys. Förbränningen sker oftast under temperaturer mellan 350 och 700°C. Ur pyrolysisprocessen framställs, utöver biokol även bio-olja och koldioxid (Downie et al., 2009).

Processen påminner mycket om framtagning av vanligt träkol, men biokol skiljer sig från träkol och andra material genom att biokol specifikt tas fram för intentionen att det ska lagras i marken för olika typer av ändamål så som jordförbättring och lagring av koldioxid (Downie et al., 2009). Lehmann och Joseph skriver vidare att biokol som skapas ur pyrolysisprocessen särskiljer sig från vanlig förbränning över öppen låga där det skapas hög

andel aska som är rik på mineraler medan biokol är rikt på organiskt kol (C) (Downie et al., 2009). Biokolets fysiska struktur brukar vanligen beskrivas som att det har en hög porositet med mycket stor yta, låg densitet och rikt på organiskt kol (C). Biokol kan beskrivas som en del av en början på en grön revolution med potential att vara ett av de mest praktiska exempel på metoder som kan motarbeta global uppvärmning, rehabilitera skadad jord och motarbeta föroreningar, hantera avfall och producera energi, se figur 1 (Barrow, 2012, Downie et al., 2009, Bhattacharya et al., 2015)



Figur 1. Illustration som visar biokolets användningsområden. (Av Sofie Östergren 2019)

3.2.1 Historisk användning av biokol och eld

Amazonian dark earths, *terra preta de índio* som de kallas i Brasilien, är antropogena jordar som skapades av ursprungsbefolkningen kring Amazonas för hundratals eller till och med tusentals år sedan (Woods och Deneyan, 2009). Jordarna karaktäriseras av att de är mer näringsrika än kringliggande jordar och att de har höga koncentrationer av kol. Woods och Deneyan (2009) menar att kolet i jordarna kommer från bosättningar, till exempel eldstäder för matlagning. Terra preta har fått forskarna att se närmare på varför de är mer näringsrika än omkringliggande jordar samt att de har bevarats så länge i marken och har kommit fram till att det beror på den stora andelen kol (Lehmann, 2009). Terra preta upptäcktes redan mot slutet av 1800-talet, men fick ingen större uppmärksamhet då (Bezerra et al., 2017). Enligt Bezerra et al. (2017) var studierna fram till 1980 mest inriktade på antropologi och mindre på egenskaperna som jorden i terra preta har. År 2002 startades ett internationellt samarbete som hette terra preta nova. Bezerra et al. (2017) skriver vidare att det var ur detta projekt som biokol utvecklades.

I Sverige har elden haft betydelse våra jordbruk, där vi historiskt har använt oss av svedjebruk (Pyne, 1997). Svedjebruk går ut på att skog och mark bränns för att omvandlas till odlingsbara marker för några år, askan gav näringsämnen till jorden. De blev sedan betesmark för att sedan återgå till skog. Ofta berodde det på att man ville odla på mark där skog växte, och brände ner skogen (Pyne, 1997).

3.2.2 Pyrolys och råmaterial

Råmaterialet som biokol produceras av kan bestå av olika material, men är alltid av organiskt material. Några exempel är ved, grönyteavfall, rötslam och slaktavfall (Downie et al., 2009). För att hitta optimala villkor som ger biokol en anpassad effektivitet för ett specifikt ändamål (koldioxidlagring eller jordförbättring), behöver det göras olika tester med pyrolys och olika råmaterial för att hitta de optimala egenskaperna för det ändamålet (Brassard et al., 2016). Biokol som har träbaserat råmaterial och har långsam pyrolysförbränning ger egenskaper som ger biokols struktur en hög proportion av makroporer (Downie et al., 2009).

Biokolets ursprung i organiskt material kan vara en del i ett helhetstänkande kring att det även kan ha en potential i effektiv hantering av avfall. Lehmann och Joseph (2009) skriver att ett exempel är biokol som har råmaterial från lantbrukssektorn, som gödsel och överblivet växtmaterial efter skörd. Downie et al. (2009) skriver att oaktsamt användande av konventionell gödsel i jordbruket kan leda till att näringsämnen läcker till grundvatten samt att det vid nedbrytning av gödsel bildas potenta växthusgaser. Om delar av gödseln istället genomgår pyrolys är det utöver de positiva effekter genom jordförbättring, minskar både volym och vikt vid pyrolys, vilket gör gödslet lättare att hantera jämfört med konventionell hantering. Överblivet material från den gröna sektorn och även till exempel restprodukter från pappersindustrin kan på liknande sätt användas som material och genomgå pyrolyprocessen (Downie et al., 2009).

När det kommer till biokolets olika egenskaper, är biokol inte bara en typ av produkt utan egentligen flera, beroende på råmaterial och pyrolyprocess. Uppbyggnaden av biokol är viktig att förstå för hur väl den kommer att stabilisera kol (C) till jorden, och biokol som går genom pyrolys i höga temperaturer har högre potential att sekvensera koldioxid i jorden jämfört med om pyrolyprocessen har lägre temperaturer (Brassard et al., 2016). Det verkar dock som att biokol som har genomgått pyrolys vid låga temperaturer har bättre egenskaper som jordförbättring (Downie et al., 2009). Att ha olika ändamål och syfte med biokol kan skapa en intressekonflikt.

Lehmann och Joseph (2009) poängterar att det är också viktigt att för att biokol ska ha potential att bidra till bevarandet av ekosystemtjänster, bör ursprungsmaterialet granskas så det inte tar råmaterial från en källa som redan producerar ekosystemtjänster. Ett exempel kan vara att materialet kommer från träd som redan bidrar till klimatreglerande tjänster och rekreation eller dylikt. Bättre alternativ menar Downie et al. (2009) kan vara är material som blivit över vid skötsel, som grenris och träd som har fällts.

Det finns en standard för biokol som har krav på biokol och biokolsanläggningar som måste uppfyllas för att producenter ska kunna certifiera sitt biokol enligt European Biochar Certificate (EBC). Dessa krav innehåller bland annat vilka råmaterial som är tillåtna, temperaturer i pyrolys,

kontroller av produktion och anläggning, kontroll av biokol, säkerhets och arbetsmiljökrav, samt även krav på dokumentation av processen (EBC, 2012). Detta för att konsumenten ska kunna garanteras en kvalitativ och hållbar produkt. EBC skriver vidare att riktlinjerna uppdateras frekvent med ny forskning samt att de hoppas på att det kan vara underlag för ett framtida obligatoriskt regelverk kring produktion av biokol. Det finns ett till internationellt samarbete, International Biochar Initiative (IBI) som också certifierar biokolsproduktion enligt krav som skiljer sig något från EBC, men de två organisationerna har ett nära samarbete (EBC, 2012).

Enligt EBC behöver certifierad biokol uppfylla krav på vilket råmaterial som är tillåtet. EBC nämner bland annat i sina riktlinjer att organiskt kol ska vara minst 50% av torrsubstansen hos biokol, vilket varierar för olika råmaterial. Biomassa rik på mineraler till exempel gödsel, tenderar att producera mer aska än organiskt kol, vilket gör att den inte får klassas som biokol enligt EBC, men däremot som pyrogent kolhaltigt material PCM (Pyrogenic Carbonaceous Material), som också kan vara verifierat enligt EBC.

För att biokol ska vara motståndskraftig mot degradering i jorden finns det två kvoter väte/kol (H/C) samt syre/kol (O/C), som enligt Schimmelpfennig och Glaser (2012) definierar de önskvärda egenskaper biokol bör ha. H/C bör vara $>0,6$ samt O/C $>0,4$. Detta är något som EBC (2012) också har som krav i sin certifiering av biokol.

3.2.3 Biokol och sanering

I en studie av Park et al. (2011) var resultatet att biokol har påverkan på immobilisering och växttillgänglighet av tungmetaller som kadmium, koppar och bly på sareptasenap (*Brassica juncea*). Testen gjordes med två typer av biokol, en gjord på hönsgödsel och en gjord på grönyteavfall, båda visade på signifikant reducering av ackumulering av kadmium, koppar och bly i växten. Biokol som hade råmaterial av hönsgödsel visade sig vara mer effektivt i immobilisering av tungmetallerna kadmium, koppar och bly än biokol med råmaterial av grönyteavfall var.

I en studie av Piscitelli et al. (2018) konstruerades förorenade jordar som ska efterlikna gröna tak för att ta reda på om biokol kan vara lämplig att

filtrera tungmetaller (kadmium, koppar, krom, nickel, bly och zink) och PAH. De substrat som användes var pimpsten, torv och två typer av biokol. Det ena biokolet hade blandad typ av vedartat trä som råmaterial och en pyrolystemperatur på 850 °C. Den andra typen av biokol hade överblivna restprodukter från olivoljeproduktion (olive husk) som råmaterial och hade en pyrolystemperatur på 450 °C. Av dessa material blandades olika blandningar med pimpsten med olika typer av biokol och torv, som hade ration 70% pimpsten eller torv och 30% biokol, inga växter var planterade i försöken. Vidare kom författarna fram till att blandningarna med biokol var bättre på att bibehålla föroreningarna i jorden än de övriga materialen.

3.2.4 Närings- och vattenhållande förmåga

Chan och Xu (2009) skriver att eftersom biokolets råmaterial består av organiskt material innehåller det en hög andel av kol (C) och en andel näringsämnen, men på grund av pyrolyprocessen och varierande råmaterial kommer olika biokol att skilja sig från varandra näringsmässigt och även deras fysiska egenskaper. Det gör det svårt att dra generella slutsatser om vilka egenskaper som biokol ska ha för att garantera resultat. Skillnader finns även i biokol som har samma typ av råmaterial men har behandlats med olika pyrolyprocesser, eller har olika råmaterial och samma pyrolyprocess där slutprodukten av dessa skiljer sig från varandra i egenskaper. Chan och Xu (2009) skriver vidare att det finns två generella huvudsyften vid användning av biokol som jordförbättring. Det första är att biokol tillför näring, kallad direkt näringstillförsel. Den andra är att biokol ska förbättra jordstrukturen och minska extra tillsättning av näring i jorden. Det kallas för indirekt näringsförbättring där biokol har förmåga att hålla näringen kvar i jorden och förhindrar den från att läcka ut i grundvatten, vilket gynnar växternas näringsupptagning.

Kväve, fosfor och kalium är de näringsämnen som en växt behöver mycket av. Kväve är ett av de viktigaste näringsämnena för växter, och har ofta sitt ursprung i organiskt material, men det finns relativt lite kväve i jorden som är tillgängligt för växter, det vill säga i oorganisk form, därför måste mikroorganismer mineralisera kväve för att växterna ska kunna tillgodogöra sig det (Ashman, 2002, Rowell, 1994). Hur mycket kväve (N) som finns i biokol kan härledas till temperaturen vid pyrolyprocessen där

högre temperaturer verkar generera större förlust av N (Chan och Xu, 2009). Den totala tillgängligheten på N i jorden är sällan ett relevant mått på näringstillgängligheten i jorden. Relevant är däremot det växttillgängliga kvävet, det vill säga hur mycket mineraliserat kväve det finns i jorden som växten kan ta upp (Rowell, 1994). C/N kvot är ett mått som indikerar tillgängligheten av kväve i material som tillsätts i jorden. Måttet är relevant att ta hänsyn till med anledning av att bakterier förbrukar mineraliserat kväve, det vill säga växttillgängligt kväve, från jorden vid nedbrytning av C vilket innebär att höga halter C kan leda till kvävebrist, processen kallas immobilisering (Ashman, 2002). C/N kvoten får ligga på högst 20, annars leder det till att mikroorganismerna immobiliserar det tillgängliga kvävet i marken och på så vis tar bort näringen från växter (Mertelik et al., 2013). Biokols C/N kvot kan variera mycket men generellt verkar det ligga för högt för att växterna ska kunna tillgodogöra sig kvävet vilket många studier visar på enligt Chan och Xu (2009). Det är inte helt utrett om det går att applicera samma C/N kvot på biokol som normalt i jordar, då det finns jordar som de gamla biokolsrika mörka jordarna, kallad Terra Preta, i centrala Amazonas (Amazonian dark earths) som har hög C/N-kvot men samtidigt har hög tillgänglighet på N. Det kan bero på att biokol som är nyproducerad kan ha andra egenskaper än biokol som har funnits i marken en längre tid (Chan och Xu, 2009). Biokol innehåller mycket C men relativt lite N, av den anledningen kan man med fördel tillföra näring i samband med anläggandet när biokol används för att kunna nå en C/N-kvot som är fördelaktig för växterna (Lehmann et al., 2003)

Kalium (K) är ett makronäringsämne som är viktig för flera av växtens funktioner: till exempel i många enzymer, att hjälpa till med reglering av klyvöppningarna, fotosyntes och motståndskraft mot sjukdomar (Ashman, 2002). Det finns enligt Chan och Xu (2009) inte många studier där kalium i biokol har kartlagts. Särskilda problem finns med information om råmaterial och pyrolysprocess, där antingen råmaterialet är okänt, pyrolystemperaturen är okänd, eller så har kalium inte mättes i just den studien.

Fosfor är även det ett makronäringsämne som är viktigt för växtens funktioner som fotosyntes och kvävefixering (Ashman, 2002). Det är tydligt att biokol producerat av restavfall från animaliska råmaterial innehåller en högre halt av fosfor än den biokol som har växtavfall som råmaterial

(Chan och Xu, 2009). Fosfor skiljer sig från de andra stora näringsämnena genom att den är en anjon (negativt laddad jon) och kan förekomma i olika kemiska former beroende på pH (Ashman, 2002). Den största tillgången på växttillgänglig fosfor finns vid pH 6–7. Vid för högt eller för lågt pH kan fosfor bli otillgängligt för växterna. Det finns lite växttillgängligt fosfor i naturliga jordar, därför är det viktigt att pH ligger på rätt nivå (Ashman, 2002). I en studie av Lehmann et al. (2003) kunde man se en ökning i biomassa på 17% på risgrödor och på 43% hos sojagrödor efter att halten av fosfor och kalium höjts i jorden på grund av tillsatt biokol.

Dock är forskningen något begränsad gällande direkta näringsfördelar vid applicering av biokol till jorden, och framför allt därför att det är svårt att dra slutsatser vilken betydelse råmaterial och pyrolysisprocess har på biokolets egenskaper och således påverkan på växterna i jorden (Lehmann et al., 2003). Jordens pH påverkar vilka näringsämnen som är tillgängliga för växterna, det vill säga jonernas löslighet och mikroorganismernas aktivitet (Gustafsson et al., 2015). Tillgängligheten av fosfor är som tidigare nämnts känslig för pH och vid för lågt och högt pH binds fosfor hårt med andra ämnen.

Enligt Chan och Xu (2009) är den forskning som är gjord på biokol och dess indirekta näringshållande förmåga otillräcklig, men precis som den direkta näringshållande förmågan också beroende på biokolets råmaterial och pyrolysisprocess. Det mesta av tillsättningen av biokol verkar gå att härleda till den indirekta ökade näringsupptagningen som biokol ger, det vill säga dess näringshållande förmåga. Författarna menar att biokol ger en bättre katjonutbyteskapacitet (förmågan att binda katjoner, och vissa näringsämnen i jorden) tack vare dess stora yta. Behovet av mer koncentrerade och kontrollerade studier av den indirekta näringstillförseln som biokol ger, då olika typ av ursprungskällor och pyrolysisprocessen är stort (Chan och Xu, 2009). Även Kimetu et al. (2008) beskriver att biokol kan användas som jordförbättring till jordar av degraderade karaktärer, växternas förhållanden kan förbättras. Det kan bero inte bara på den direkta näringen som biokol innehåller utan också dess förmåga att kunna bibehålla tillsatt näring i jorden.

En studie gjord av Schulz et al. (2013) visade att på både tvättad sandjord och lerig jord gav en blandning av biokol och komposterat material

bestående av rötslam, finfördelat gräs och smågrenar samt äldre kompost ökad tillväxt. Studien visade även att ju mer biokol och komposterat material som adderades till blandningen, ledde till ökad tillväxt. Biokolet bestod av virke av bok som råmaterial och pyrolysen varade i 6 dagar och hade temperatur mellan 350°C och 450°C. Studien visade även att tillväxten ökade ju högre andel biokol det var i blandningen med biokol och kompost. Författarna menar att komposten som biokolen var blandad med kunde kompensera för biokolets brist på näring i sig självt, och att komposten bidrog till mer en fördelaktig C/N kvot för växterna. Vidare såg Schulz et al. (2013) att höjden på plantorna var relativt sett högre i den biokolsberikade sandiga jorden än i den biokolsberikade leriga jorden, där det i kontrollen var höjden högre på växterna i den naturliga leriga jorden i jämförelse med den naturliga sandjorden.

Atkinson (2018) har studerat olika undersökningar om biokolets förmåga att öka mängden växttillgängligt vatten. I en artikel av Atkinson (2018) finns det resultat som pekar på att sandiga jordar med tillsatt biokol kan öka mängden växttillgängligt vatten under vissa förutsättningar men att resultaten troligen är beroende på hur mycket biokol som tillsätts i jorden. Vidare menar Atkinson (2018) att de fysikalisk-kemiska egenskaperna har stor betydelse för hur väl biokol kommer att kunna öka mängden växttillgängligt vatten samt att det finns möjligheter att genom pyrolys och råmaterial kunna optimera biokolets förmåga att öka mängden växttillgängligt vatten. Det finns inte tillräckligt med bevis för att biokol ska öka mängden växttillgängligt vatten på jordbruksmarker för att generera högre skördar, framför allt saknas det försök i tempererade klimat (Atkinson, 2018).

I en studie i Finland utförde Karhu et al. (2011) ett korttidsförsök för att mäta flöden av lustgas (N_2O), koldioxid (CO_2) och metan (CH_4) i jorden efter att tillsatt biokol, (mer om växthusgaser och biokol beskrivs längre fram i arbetet). Biokolet som lades i marken var nyproducerat och hade björk som råmaterial, pyrolyprocessen varade i 2–2,5 h i 400° C, och appliceringsmängden var 9 ton på hundra hektar. Biokol tillsattes genom att myllas ner i jorden. De fick resultaten att CH_4 -upptaget ökade direkt efter applicering till jorden, men författarna är inte säkra vad som ledde till resultatet. De misstänker att det kan ha att göra med jordluftningen som skedde till följd av biokolets tillsättning till jorden. Det skedde under försökets tidsram

ingen påverkan på flödena av N₂O och CO₂, vilket författarna trodde möjligen kan ha varit på grund av den korta tidsaspekten. I studien mätte de även jordens vattenhållande förmåga efter tillsättning av biokol i marken och kom fram till att den ökade med 11%. Kaudal et al. (2016) framför dock att det behövs mer forskning på området för att kunna dra generella slutsatser kring biokolets kapacitet att hålla vatten kvar i marken.

3.2.5 Biokol, träd och urbana jordar

I en studie av Scharenbroch et al. (2013) jämför författarna hur biokol och andra jordförbättringsmedel tillsatt i olika jordar påverkar växterna. Försöket gick ut på att testa tillväxten hos två sorters träd (*Acer saccharum*, sockerlönn och *Gleditia triacanthos*, korstörne) i olika jordar som var och en var jordförbättrad med biokol och andra jordförbättringsmedel som behandlat avfallsslam, kompost, träflis mm. Träd på jordar utan någon jordförbättring alls, utgjorde kontrollen. De olika jordarna bestod av sand, silt respektive kompakterad lera för att efterlikna jordar som kan återfinnas i urbana miljöer. Biokolets egenskaper fastställdes av råmaterialet som bestod av trä från tall och pyrolysen varade i 1 timme och hade temperatur på mellan 500 och 600°. Biokol och de andra jordförbättringarna lades sedan ovanpå jordarna de olika försöken som en ”toppdressing”, varje jordförbättring separat. Författarna mätte resultaten 18 månader efter att försöken inletts, och kom fram till att både *Acer saccharum* och *Gleditia triacanthos*, på alla jordar (sand, silt och lera) ökade med 44% i biomassa. Det utfördes även mätningar på de jordförbättrade jordarna och där kom man fram till att biokol var den enda jordförbättringsmetoden av de prövade i studien som hade tillväxt, där tillväxten inte berodde enbart på tillgängligheten på N. Troligen fanns det andra anledningar som bidrog till att biokol ökade biomassan hos träden. Scharenbroch et al. (2013) uppgav att biokol har potential att användas som jordförbättringssubstrat för träd i urbana miljöer och kan öka jordkvalitén samt öka trädens biomassa.

En studie har inletts i Sverige av Levinsson (2018) av hur träd påverkas av biokol i Lund. I studien planterades nya träd av sorten glanslind (*Tilia europea* 'Euchlora') där växtbäddar konstruerades på befintlig jord på plats bestående av lerjord med lerhalt på 25–40%. Tre stycken jordblandningar

gjordes, en kontroll, en blandning med låg koncentration av biokol (10 vol-%) och en blandning med hög koncentration av biokol (50 vol-%). Ovanpå växtbäddarna anlades två typer av slitlager (en ytas tak), stenmjöl 0–8 mm och stenmjöl 4–8 mm, för att representera genomsläppligt slitlager respektive ogenomsläppligt slitlager. För att kontrollera resultaten mättes skottillväxt, bladstorlek, trädhöjd, och stamomfång. Mätningen av biomassan skedde ett år efter planteringen och träden visade inte någon skillnad i tillväxt på olika jordblandningarna vilket Levinsson ansåg vara ett väntat resultat, då första året efter plantering tenderar träd att leva på resurser från plantskolan. Fler mätningar på träden kommer att göras i framtiden.

3.2.6 Påverkan av utsläpp av växthusgaser

Enligt Lehmann (2007) kan biokol som tillsätts till jord ha potential att minska klimatförändringar genom att biokol kan lagra koldioxid från atmosfären i marken. Det benämns som koldioxidlagring och för att biokol ska fungera som koldioxidlager behöver det uppfylla två krav. Det första är att växterna som biokolet utvinns ur måste produceras i samma takt som biokol produceras för att kunna ta upp atmosfäriskt CO₂. Detta eftersom steget mellan atmosfärisk CO₂ till organisk C går via fotosyntes, men istället för att biomassa bryts ned och åter blir atmosfäriskt CO₂, så är biokol stabilt och kan lagras under en lång tid utan att den bryts ner. Lehmann och Joseph (2009) skriver att det andra kravet är att biokol måste kunna lagras längre än vad biomassan i dess ursprungliga form skulle ha gjort, vilket är fallet med biokol och gör det intressant ur klimatforskning. Gaunt och Cowie (2009) skriver att biomassa via pyrolysisprocessen skapar förnybar energi och genom biokol som jordförbättring kan kol (C) lagras under lång tid. All biomassa som hamnar i jorden lagrar kol, men skillnaden är att biokol är så pass stabilt att när det tillsätts jorden kan det stanna kvar i jorden under mycket lång tid, jämfört med biomassa som inte blir till biokol.

Lustgas (N₂O) är en potent växthusgas som är 298 ggr mer potentiellt miljöförstörande än CO₂, vilket betyder N₂O har koldioxidekvivalent 298 (IPCC, 2014), Brassard et al. (2016) har i sin litteraturstudie samlat flera olika studier och kommit fram till att biokol som jordförbättring signifikant minskar uppkomsten av växthusgaser, och framför allt lustgas (N₂O). Författarna har vidare i sin sammanställning även kommit fram till att biokol

som innehåller mindre kväve (N) men högre andel kol (C), hög C/N kvot, är bättre på att minska N₂O. Biokol kan genom sitt höjande av pH vid jordförbättring påverka utsläpp av N₂O (Kammann et al., 2017, Brassard et al., 2016).

Biokol med råmaterial av vedartat material innehåller lägre halter kväve (N) än till exempel biokol av rötslam eller gödsel vilket bör tas hänsyn till om syftet är att minska utsläpp av N₂O. Biokol med hög andel aska kan även vara sämre för att reducera utsläpp av N₂O (Brassard et al., 2016). Det kan alltså, beroende på vilka egenskaper som biokol har, finnas stor potential att kunna minska N₂O i atmosfären. Brassard et al. (2016) menar vidare i sin sammanställning att det kan finnas motsättningar vid användandet av biokol och främst appliceringsmängden, då hög appliceringsmängd av biokol minskar utsläpp av N₂O men ger signifikant högre utsläpp av metan (CH₄).

Biokol kan vid hantering av avfall också indirekt påverka utsläpp av växthusgaser, till exempel konventionell hantering och tillförsel av organiskt material till jorden, när materialet bryts ner genererar det utsläpp av metan (CH₄) som har koldioxidekvivalent 25, och lustgas (N₂O) till atmosfären, om det ändras i hur det organiska materialet hanteras istället, till exempel genom pyrolysisprocessen, stabiliseras biomassan och det tar mycket längre tid att brytas ner (Gaunt och Cowie, 2009).

Andra indirekta fördelar och hållbarhet som biokol ger för att minska utsläpp av metan (CH₄) och koldioxid CO₂ till atmosfären kan vara att ursprungskällan för biokol är av växtmaterial. Nedbrytningen av biokol är mycket långsammare än vad materialet skulle vara utan pyrolysisprocessen enligt Brassard et al. (2016). Även på grund av de jordförbättrande egenskaper hos biokol, som leder till större skörd hos växten binder mer C.

N₂O och CH₄ är som växthusgaser potenta till att bidra till växthuseffekten, därför skulle en liten reduktion av dessa kunna bidra till stor förändring (Van Zweiten et al., 2009). Biokol innehåller kol (C) och kväve (N), vilket kan påverka N₂O och CH₄. I en studie av Mukherjee et al. (2014) kom det fram att i kraftigt degraderade jordar visade jordförbättring med biokol att jordens C-innehåll blev större och att N₂O utsläpp minskade upp till med 92 % jämfört med kontrollen.

4 Intervjuer

4.1 Biokolsanvändningen inom Göteborgs Stad

I Göteborg stad har park- och naturförvaltningen hand om stadens grönområden. De har ansvar för förvaltning planering och skötsel och anläggning (Göteborgs Stad, 2019). De har ännu inte någon anläggning med biokol, men är i startgroparna för att introducera det.

4.1.1 Sammanfattning av intervju med Göteborgs stad

På Göteborg stad berättar Lindqvist (20190417) att de är i en inledningsfas av att initiera inblandningen av biokol i sina växtbäddar i städerna. De har varit intresserade av att använda sig av biokol under en längre tid och har inspirerats av artiklar om Terra Preta, den svarta jorden i Amazonas. De anser att det bara finns fördelar med att använda biokol i sina växtjordar, att det ska hjälpa till med näringshållningen i marken, skydda mot patogener och rena dagvatten. De medger att det finns problem med att kunna säkerställa kvalitén på biokolet och därför har de inlett en förstudie kring att bygga en egen biokolsanläggning i Göteborg. Som förberedelse har de studerat artiklar, både vetenskapliga samt populärvetenskapliga artiklar och även varit på studiebesök hos Stockholms stad för att se på växtbäddar men också på biokolsanläggningen i Högdalen. Vidare menar Lindqvist att Göteborg i likhet med Stockholms Stad redan använder sig av växtbäddslösningar utan organiskt material med bra resultat och de förväntar sig att

näringsberikad biokol ska bidra med bättre närings-och vattenhållande förmåga samt rena dagvatten som infiltreras i växtbäddarna, både för lignoser och perenner. De skriver senare att det inte kan se några situationer där biokol inte skulle kunna bidra med positiva effekter. Lindqvist skriver att det biokol som ska användas i växtbäddarna ska följa EBC krav på biokol samt att råmaterialet bör bestå av trä, syre/kol kvoten ska vara så låg som möjligt samt att pyrolystemperatur bör uppgå över 450° C, vilket är i enlighet med krav från EBC (2012) på biokolets egenskaper. Utöver biokolets fördelar för växtbäddar ser Lindqvist att biokol kan ge andra fördelar med att det binder C i marken.

4.2 Biokolsanvändningen inom Stockholms stad

Stockholms stads organisation är uppdelad i olika fackförvaltningar samt stadsdelsförvaltningar. Gällande hanterandet av de gröna ytorna samt träd inom kommungränserna har Trafikkontoret hand om alla träd i gatumiljöer samt även några parker. Resterande grönområden har stadsdelsförvaltningarna hand om (Stockholm Stad, 2019). Stockholm stad har sedan 2015 implementerat 'Stockholm Biochar Project' som är ett utvecklingsprojekt som har som mål att bli en del av ett kretslopp genom att ta till vara på invånarnas trädgårdsavfall och göra det till biokol (Stockholm Stad, 2016). Stockholm Stad vann ett pris på en miljon euro i den internationella tävlingen, Mayor's Challenge och prispengarna har delvis finansierat en egen pyrolysanläggning i Högdalen som producerar biokol för stadens trädplanteringar, men det är också fritt fram för invånare att hämta biokol för eget bruk. Projektet är ett samarbete mellan trafikkontoret, avfallsenheten på Stockholm vatten och Fortum (Stockholm Stad, 2016).

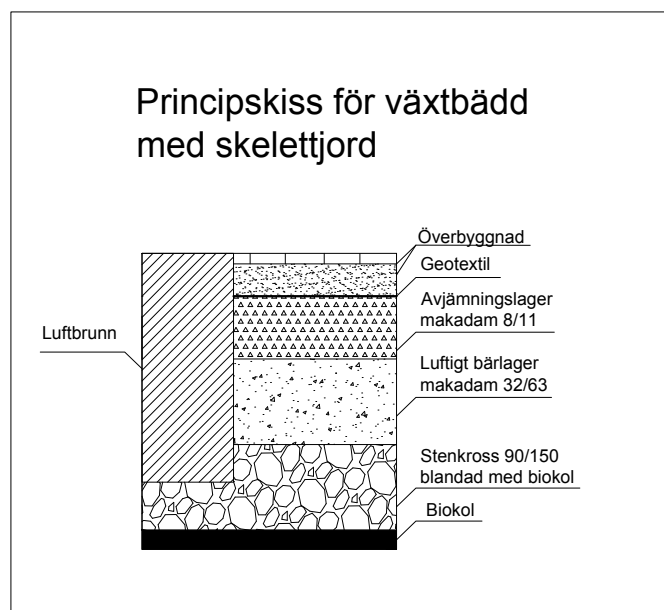
4.2.1 Sammanfattning av intervju med Stockholm stad

På Stockholms stad berättar Alvem et.al (20190430), att när de köper in biokol till stadens växtbäddar är den certifierad enligt EBC och vid egen produktion består råmaterialet av trädgårdsavfall, som grenar och julgranar och de funderar inte på att använda andra typer av avfall. Vid pyrolysisprocessen uppgår temperaturen till ca 600 – 700 °C och har två parallella reaktorer. Pyrolysgasen förbränns direkt och de använder gasol för att starta upp anläggningen. Se figur 2 med bild på biokolsanläggningen. De producerar bara en typ av biokol som ska sörja för alla ändamål men nämner att biokol eventuellt kan vara olika bra på att ta upp föroreningar i dagvattenrening. Det har varierat över åren hur pass självförsörjande de har varit på biokol.

Enligt 'Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok' av Alvem et al. (2017) använder Stockholm stad sig av växtbäddar som är uppbyggda av skelettjord för att kunna skapa utrymme, där trädens rötter har tillgång till luft, vatten och näring under jord. Skelettjorden består av krossad sten i fraktion 90/150 mm med växtsubstrat bestående av näringsberikad biokol nerspolad i hålrummen.



Figur 2. Bild på Stockholms stads biokolsanläggning i Högdalen. (Foto: Sofie Östergren 2019)



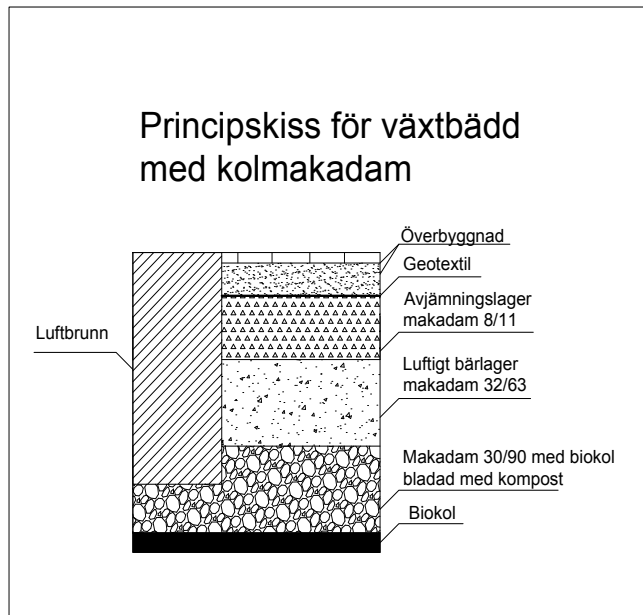
Figur 3. Principskiss över uppbyggnad av växtbädd med skelettjord. Skissen är ej skalenlig och representerar ej mått eller mängd. (Av Sofie Östergren 2019)

Terrassytan täcks med ett tunt lager biokol som är tänkt att rena dagvatten.

På hårdgjorda ytor placeras luftbrunn samt ett luftigt bärlager med fraktion 32/63 mm som ska transportera luft och vatten till trädens rötter. Ovanpå läggs ett lager makadam med fraktion 8/11 för att slutligen toppas med geotextil som skyddar från att samkross åker ner i hålrummen, se figur 3.

Sedan följer överbyggnad, till exempel grus, betongplattor, asfalt mm. Träd ska ha minst 15 m³ skelettjord. Det finns också en annan variant av växtbäddar under utveckling med biokol som kallas kolmakadam. Det är en enklare version av skelettjord där skärv 90/150 byts ut mot makadam, fraktion 32/90 mm samt 15 volymprocent av 1 del biokol och 1 del kompost, se figur 4. Det kan fungera både till träd, buskar och perenner. Sedan finns det specialkonstruktioner av dessa varianter till exempel för plantering på bjälklag som är mer plastspecifika i sin utformning från situation till situation.

Det finns en spridning av användandet av biokol i inom de olika stadsdelarna, men trafikkontoret använder biokol vid alla nya trädplanteringar, ca. 200–300 träd per år. Alvem et.al (20190430) skriver att trafikkontoret använder biokol till främst trädplanteringar men även busk- och perennplanteringar och de anser att det



Figur 4. Principskiss över uppbyggnad av växtbädd med kolmakadam. Skissen är ej skalenlig och representerar ej mått eller mängd. (Av Sofie Östergren 2019)



Figur 5. Bild på biokol producerat av Stockholm stad. (Foto: Sofie Östergren 2019)

inte finns några situationer där biokol anses vara mindre lämpat. Trafikkontoret mäter tillväxten på träd i växtbäddar med och utan biokol för att se resultatet samt har medverkat i flera studier med bland annat fokus på temperatur och fukt i växtbäddar samt mätning av vattenkvaliteten på vatten som runnit genom växtbädden. De har kontakt med flera universitet, städer och biokolstillverkare runt om i Europa för kunskapsutbyte. Inför framtiden anser de att de utmaningar de står inför handlar om att kunna kontrollera kvalitén på biokol och de skulle också vilja se mer forskning på hur man bäst kan tillföra näring till biokol. Se figur 5 för biokol producerat av Stockholm stad.

4.3 Biokolsanvändningen inom Uppsala kommun

Uppsala kommun är Sveriges fjärde största kommun och vann WWF:s internationella stadsutmaning One Planet City Challenge (Uppsala Kommun, 2018, SCB, 2018). Uppsala arbetar brett med övergripande samhällsinsatser genom en tydlig styrning av klimatarbetet (Uppsala Kommun, 2018). Uppsala använder biokol främst att det ska rena dagvatten samt som kolsänka (Eriksson 20190821).

4.3.1 Sammanfattning av intervju med Uppsala kommun

Uppsala kommuns anledningar till att börja med biokol är deras högt satta klimatmål i kombination med krav enligt miljökvalitetsnorm för Fyrisån, som är recipient i staden. De använder biokol både i marken som kolsänka och som absorbent för föroreningar och näringsämnen. Uppsala kom i kontakt med biokol via konsulter som konstruerade växtbäddar. Mycket av informationen om biokol fås via expertisen i Sverige som förmedlas via deras konsulter. Uppsala deltar i kunskapsuppbyggnaden genom att de anlägger testbäddar för att bl.a. kunna kontrollera biokolets reningseffekt. Eriksson (20190821) skriver att Uppsala än så länge inte ställer specifika krav på biokolet, och att den senaste leveransen kom från Tyskland. Vidare skriver Eriksson (20190821) att Uppsala inte använder biokol främst för att

främja växtligheten för stadsträd, så som t.ex. Stockholm gör. Uppsala använder biokol främst som en positiv klimat- och reningseffekt. Eriksson (20190821) skriver vidare att de nackdelar som finns med användandet av biokol är att det gör anläggandet med olika jordblandningar något mer komplicerat. Biokol kan också innehålla vissa föroreningar som PAH och dioxin. Fördelarna, menar Eriksson (20190821) är att det ska vara en långsiktig fosforkälla och bidra till att binda föroreningar i marken så att de inte rinner ut i vattendrag.

En växtbäddskonstruktion med biokol i Uppsala kan ha olika uppbyggnader och detaljer kan skilja sig åt, men en viss del biokol blandas vanligen in i jorden för att få önskade jordegenskaper. Uppsala mäter resultaten och utvärderar genom att installera mätutrustning och ska genomföra mätningarna under flera år framöver. Uppsala deltar i ett forskningsprojekt om biokol "Från rest till bäst" som är ett samarbete med 14 aktörer. Eriksson (20190821) menar vidare att det kommer konstant upp nya frågeställningar och tillämpningsområden för biokol. För att motivera lokal produktion är det bra att skapa en efterfrågan, och att användningen i växtbäddar är för liten för att motivera lokal biokolproduktion. Fler tillämpningsområden är därför bra (Eriksson 20190821).

4.4 Biokolsanvändningen av Bara Mineraler

Bara mineraler AB är ett jordtillverkningsföretag som startade 1993 (Bara Mineraler AB, 2019). De säljer olika odlingssubstrat och däribland biokol, både näringsberikad biokol och biokol utan näringsberikning (Bara Mineraler AB, 2019).

4.4.1 Sammanfattning av intervju med Bara Mineraler

Bengt Syrén (20190821) på Bara mineraler skriver att de får sina leveranser av biokol från Sverige och från några olika leverantörer i Europa. Bara Mineraler kräver någon form av certifiering på biokolet de köper in och vill veta vad det är för biokol de har att göra med. En vanlig certifiering som de använder sig av är EBC. I annat fall kräver de att de analyser som

gjorts motsvarar EBC. Vidare skriver Syrén (20190821) att hela kedjan från råvara, tillverkningsprocess och färdig råvara ska vara hållbar och miljömässig. Detta menar Syren (20190821) medför till exempel att biokol från Asien, Afrika och Sydamerika väljer Bara mineraler bort pga. att de inte anser det är miljömässigt hållbart att importera biokol därifrån. Biokol bör produceras på ett miljömässigt och hållbart sätt i vår närmiljö. All råvara är i dagsläget skogsråvara men framöver tror Syrén (20190821) att det kommer att finnas biokol från annat ursprung på marknaden som uppfyller deras krav. Gärna att biokolet är producerat i Sverige. Beroende på önskemål från kund kan Bara mineraler erbjuda olika typer av biokol. Syrén (20190821) skriver att de kräver och även gör egna analyser på all biokol som Bara mineraler hanterar för att säkerställa att produkten uppfyller kraven. Det är både kemiska analyser men även fysikaliska analyser. Detta gör Bara mineraler för att se vilka egenskaper biokolen har. De testar både biokol separat men även färdiga substrat med och utan biokol. Vidare skriver Syrén (20190821) att det har med stor tydlighet visat sig att olika råvara ger en slutprodukt med stora variationer i egenskaper i biokolen. Även tillverkningsprocessen kan skapa biokol med olika egenskaper.

Bara mineraler följer den forskning som bedrivs i världen, och de gör egna försök. De är med i många olika forskningsprojekt/referensgrupper/nätverk/konferenser kopplade till biokol. De följer upp projekt där de varit delaktiga för att se hur växtligheten ter sig över tid. De rekommendationer som Bara mineraler ger till sina kunder är att biokol i substrat måste laddas/näringsberikas för att inte riskera att biokolen binder till sig all näring med följd att man får näringsbrist i växtbädden. Ladda biokol bör göras vid anläggandet. Syrén (20190821) skriver att tillförsel av näring bör sedan ske regelbundet och bör regleras i skötselprogrammet. Hur länge och hur mycket beror till stor del på vilken typ av substrat och växtlighet som gäller på platsen. Syrén (20190821) menar att det varierar från situation till situation och att växtlighet inte är statiskt utan varierar över tid och skötselansvarig måste vara uppmärksam och reagera på verkligheten. Det går inte att slaviskt följa ett skötselprogram som gjorts i förväg. Används biokolen primärt till rening utan växtlighet är näringsberikning inte aktuellt. Det finns situationer där Bara mineraler anser att biokol inte är räddningen för all växtlighet. Användaren måste veta vilka egenskaper substratet har för att ge växtligheten de förutsättningar den behöver för att frodas och leverera.

Biokol är en tillsats av många som bidrar med egenskaper i ett substrat. Syrén (20190821) skriver att helheten är viktig, ibland tillför biokol inte något till växtligheten. Men Syrén (20190821) skriver att andra parametrar som miljöfördelar som biokol har medför en positiv inverkan. Dessutom gör tillsättning av biokol till substrat att substratet blir dyrare vilket också är en parameter att ta hänsyn till. Gällande arbetsmiljökrav nämner Syrén (20190821) att ren biokol ofta innehåller mycket finmaterial som dammar, det är lämpligt att skydda sig för att undvika att andas in finpartiklar. Även den omgivande miljön kan ta skada av att det dammar kolpartiklar. Syrén (20190821) skriver att när biokol är inblandad i ett substrat är denna risk betydligt mindre. På Bara Mineraler undviker de biokol med finmaterial som kan orsaka arbetsmiljöproblem.

Gällande mer forskning på området så anser Bara mineraler att biokol inte är ett nytt fenomen utan har använts i odlingssammanhang både i Sverige och i världen genom åren, men att i urbana miljöer är biokol dock relativt nytt. Det finns mycket forskning som gjorts om biokol på laboratorienivå, men i verkligheten är det ett komplext system.

Syrén (20190821) skriver att forskningen bör använda sig av kontroller dvs system med biokol och system utan biokol för att kunna jämföra. De vill veta vilken typ av biokol som skall användas i vilka miljöer för att få maximal nytta. Även mer forskning på biokol som rening är ett intressant område där det finns alldeles för lite studier i stor skala. Syrén (20190821) nämner att han känner till att det har börjat göras studier på regnbäddar för att kunna följa dessa över tid där fokus är rening av metaller. Frågan om klimatnytta och hur kan man räkna på detta och hur står biokol sig i förhållande till annat som också bidrar till klimatnytta är också intressant ur forskningsperspektiv. Sammanfattningsvis skriver Syrén (20190821) att tid, utvärdering och jämförelse med och utan biokol är de områden som det bör göras mer forskning på.

4.5 Biokolsanvändningen av Peab Malmö

Peab AB är ett av Nordens ledande bygg- och anläggningsföretag (Peab AB, 2019). Jag hade kontakt med projektchef Magnus Skogar på Peab Anläggning, region syd.

4.5.1 Sammanfattning av intervju med Peab Malmö

Skogar (20190911) skriver att biokol är inte något som Peab i Malmö använder som standard utan styrs av vad beställaren efterfrågar i handlingarna. Skogar (20190911) skriver att det första projektet med biokol som han stötte på var 2014 i Västra Hamnen, Malmö vid anläggandet av en bostadsgård. Peab i Malmö har vid något tillfälle använt biokol i drift och underhållsprojekt mot stadsfastigheter i Malmö vid anläggande av odlingsytor till förskolor. Biokolet är alltid på beställarens initiativ vid anläggningsprojekt, men Skogar (20190911) skriver vidare att i deras drift- och underhållskontrakt har de möjlighet att påverka valet av material om det gäller en mindre anläggningsuppgift. Skogar (20190911) skriver att han bara stött på biokol vid anläggning av bostadsgårdar.

Vidare skriver Skogar (20190911) att i dagsläget använder de biokol i liten utsträckning, han beskriver att det inte känns som det riktigt har slagit igenom ännu i Malmö då det som många andra ”mirakelmedel” inom trädgårdsindustrin saknas vetenskaplig verifiering på att det verkligen fungerar. Skogar (20190911) anser det är mycket tyckande och vaga personliga uppfattningar som styr mycket av hur hårt något marknadsförs från säljarleden som påverkar hur mycket biokol används. Peab i Malmö köper in sitt biokol från Bara Mineraler AB och har inte några specifika krav på biokolet. Gällande arbetsmiljökrav skriver Skogar (20190911) att han inte känner till några, men misstänker att om frågan ställs till arbetsmiljöverket så skulle det säkerligen kräva andningsskydd i samband med att det hanteras då det dammar en hel del. Skogar (20190911) skriver att de inte följer upp resultaten mer än att de rent visuellt har sett bra resultat, om det beror på biokolen anser Skogar är omöjligt att svara på. Vidare menar Skogar (20190911) att han anser att en ordentligt upphandlad garantiskötsel har större betydelse än biokol eller att man ser till att använda en god planteringsjord istället för

överblivna schaktmassor i planteringsytorna. Gällande vidare forskning skriver Skogar (20190911) att han inte känner till att det finns forskning på biokol i urbana miljöer, och att det inte finns någon som kan vetenskapligt påvisa att biokol har någon effekt. Skogar (20190911) skriver att mycket forskning riktar sig mot odling och växthusodling där det finns andra ekonomiska incitament till forskning. Vidare menar Skogar (20190911) när det gäller växter i urban miljö är det mycket säljare och några få individer som ”tycker en massa” och lite godtyckligt styrker fördelarna med deras produkt och plockar forskning riktad till odlingsindustrin, forskning där man har använt substratet i ett helt annat sammanhang under helt andra förutsättningar.

5 Diskussion

Biokol har seglat upp som ett potentiellt nytt medel/metod för arbetet mot klimatförändringar. Det har de senaste åren också upptäckts, eller snarare återupptäckts, att biokol kan vara av nytta som jordförbättring och påverka näringsinnehållet i jorden. Det framkommer tydligt i detta arbete att forskningen på biokol är tvetydig. Ett av de stora problemen med forskningsförsöken är att biokolets egenskaper inte är fastställda, det vill säga att det råmaterial eller temperatur och tidsåtgång vid pyrolys inte anges, vilket gör det svårt att jämföra olika resultat med varandra och därför går det inte heller att svara på vad som fungerar bäst. I flera av artiklarna kommenteras att det finns behov av mer utvecklad och samordnad forskning som ger riktningar eller svar. Detta bekräftar Barrow (2012) när han skriver om vilka svagheter det finns med forskningen på biokol.

Av befintlig forskning framgår dock en sak tydligt: biokolets förmåga att tjäna ett visst syfte är beroende av dess fysiska och kemiska egenskaper och att dessa kan variera beroende på vilket råmaterial biokolet kommer från och hur pyrolysisprocessen har sett ut. Näringsinnehållet i biokol kan exempelvis variera beroende på framställning och material. De fysikaliska och kemiska egenskaperna har också betydelse för den indirekta näringshållande förmågan, genom att egenskaperna bestämmer biokols struktur och därmed dess förmåga att hålla näring kvar i marken. Till exempel kan det bli till nackdel för växterna om biokolet har för hög C/N kvot, vilket kan generera att biokolet tar kväve från växten och växten då får näringsbrist (Chan och Xu, 2009). Det gör att okunskap kring användning av biokol inte kan ske på slumpartad basis och tro att det ska ske under i resultat, det ställer krav på kunskaper på jord. En fråga som bör utredas är hur C/N kvoten

behålls under en långsiktig användning av biokol, hur länge och hur mycket näring måste tillsättas så att C/N kvoten kan garanteras? Är det möjligt att garantera den?

Det är tydligt att biokol är flera olika produkter beroende på råmaterial och pyrolyprocess. För att biokol ska kunna användas i verkliga situationer krävs det att ansvariga kontrollerar biokolets ursprung och är medvetna om vad olika typer av biokol ger för effekter. Det finns grund för att anta att en typ av biokol inte kan uppfylla alla klimatpositiva ändamål i samtidigt, att biokol kan ha svårt att vara optimerade för alla olika ändamål samtidigt. Men det är viktigt att poängtera att om så är fallet, kan det inte säkerställas med forskningsresultat.

Ursprung av råmaterialet av biokol måste kontrolleras så att det till exempel inte utgörs av träd eller andra typer av råmaterial som redan fyller funktioner och ekosystemtjänster. Även om biokol kan vara en del av eller förbättra ekosystemtjänster så bör man inte avlägsna ekosystemtjänster på en plats för att förbättra det någon annanstans (Downie et al., 2009). Att organiskt avfall används som råmaterial och genomgår pyrolys kan därför ses som ett hållbart alternativ, då produkten efter pyrolys i bästa fall kan användas till minst en, men förhoppningsvis flera klimatpositiva lösningar. Det kan vara av betydelse att poängtera att enligt den europeiska standarden för biokol, EBC så kan mineralrikt avfall inte nå upp till kraven för att bli certifierade som biokol, utan då som pyrogent kolhaltigt material PCM, som har hög andel aska. När det kommer till avfallshantering där det handlar om i första hand att ta till vara på avfall snarare än att producera kvalitativt biokol, men det behöver inte innebära motsättningar. Det kan leda till att avfallet i form av biokol eller PCM kan tillföra och bidra med ekosystemtjänster. Att välja råvara till biokol med omsorg har stor betydelse för att användandet ska leda till en hållbar ekosystemtjänst. Det gäller att vara noggrann och tänka på helheten, vilket gäller för alla beslut som fattas inom den gröna sektorn.

En av anledningarna till att använda biokol i urbana miljöer är att biokol har potential att förbättra och producera ekosystemtjänster som jordförbättring i växtbäddar. Om biokol kan generera mer tillväxt, längre hållbarhet och förbättra förutsättningarna för träd och annan vegetation är det

naturligtvis intressant ur samhällets synvinkel, eftersom ekosystemtjänster ger samhället fördelar. Det finns en variation av ståndorter i städerna där det i många fall kan vara utmanande för växter. Det kan råda kompaktering, vattenbrist, näringsbrist, syrebrister och så vidare. En del av lösningarna för planteringar i hårdgjorda miljöer som har förekommit är konstruktioner av skelettjordar där utrymmet för träden under mark inte behöver kompromissa med annan anläggning. Att jordförbättra med biokol eller att tillsätta biokol i jorden kan ge växter mer tillgång till näring och vatten. Det skulle kunna lösa en del av problematiken med planteringar i hårdgjorda miljöer. Det finns få studier som undersöker biokol i urbana miljöer ur ett växtperspektiv, och ännu färre som specifikt fokuserar på träd. Därför går det inte att dra några slutsatser kring biokolets effekter på urban miljö, forskningen på området ligger på begynnande stadium. Det finns anledning till att se potential i att använda biokol, förutsatt att det har de rätta egenskaperna som gynnar växterna. Som tidigare beskrivits tidigare av Lehmann et al. (2003), Schulz et al. (2013), Karhu et al. (2011) så finns det resultat med ökad biomassa i försök, som inte fokuserar på träd eller urbana miljöer.

5.1.1 Metoddiskussion

En nackdel med valet av intervjumetod via mail är att det är svårt att intervjupersonerna inte kan resonera fritt kring ämnet biokol utan endast ser till att svara på just den frågan och inte mer än så. Fritt resonemang kan ge en del intressanta åsikter och kanske mer av en diskussion. Trots detta ville jag använda mig av mail som intervjumetod för att jag ville att respondenter skulle tänka efter kring frågan så att svaren blir genomtänkta och på så vis representera stadens synpunkt och inte sina egna personliga åsikter.

Försök att kontakta Malmö stad gjordes, men det var svårt att få tag på någon där som kunde svara på frågor om biokol. Det hade varit intressant att se om Malmö stad har en annan syn på biokol än Göteborgs stad, Stockholm stad och Uppsala kommun. En annan riktning, metod och tillvägagångssätt hade kunnat vara att skicka formulär till Sveriges 24 storstadskommuner och fråga om deras syn på biokol. Ytterligare en inriktning skulle kunna vara att se hur andra länder hanterar biokol och om de har en annan syn på biokol.

5.1.2 Intervjuer

Det som förenar både Stockholm stad och Göteborg stad är att båda städerna har en övervägande positiv syn på biokol och vad det kan bidra till i grönytor samt andra klimatpositiva ändamål. Det är inte konstigt att Göteborg och Stockholm har en liknande syn på biokol, då Göteborg har tagit inspiration från samt varit på studiebesök i Stockholm för att titta på växtbäddar och biokolsanläggning. Uppsala kommun skiljer sig åt från Stockholm stad och Göteborg stad genom att användningen av biokol i Uppsala främst ska bidra med vattenrening och som koldioxidsänka. Stockholms stad är föregångare av storskalig användning av biokol i växtbäddar. Alla tre städerna visar på handlingskraft för att lösa de problem man ställs inför med att förvalta grönska samt nå miljömål inom den förtätande staden. Det finns fortfarande problem med att det inte finns tillräckligt med vetenskapliga bevis på att biokol ger städerna de resultat man förväntar sig, detta är något som även Peab Malmö och Bara mineraler nämner i sina intervjuer. Men att det finns resultat med ökad tillväxt i planteringar kan nog försiktigt konstateras, märkligt vore det annars att biokol skulle användas i den utsträckning det gör i Stockholm idag. Både Stockholms stad och Göteborgs stad konstruerar växtbäddar som inte innehåller något annat organiskt material än biokol och får ändå resultat i tillväxt. Biokol anses ersätta organiskt material i sådana konstruktioner samt näringshållande egenskaper som är stabila under en lång tid. Detta gör att om biokol tillför en pusselbit till skapandet av växtbäddar och därmed hållbarare grönska. Att biokol kan användas för att förhindra att tungmetaller rinner ut i dagvatten ses som en fördel av både Göteborg och Stockholm stad, och framför allt i Uppsala där det är ett biokolets huvudsyfte.

Gällande anläggning av växtbäddar med biokol så menar både Peab Malmö och Bara mineral att det kan finnas vissa arbetsmiljökrav som måste tas hänsyn till. Bland annat att biokol kan innehålla små partiklar som inte är bra att andas in, även den omgivande miljön kan påverkas negativt av biokol. Att införa biokol medför kostnader, det gör att substratet blir dyrare, vilket Bara mineraler nämner. Intressant är att Bara mineraler vidare nämner att konsumenten måste göra en helhetsanalys av platsen som avgör om biokol är rätt medel för platsen. Det finns många parametrar som man behöver ta hänsyn till, bland annat, vad biokolet fylla för syfte (jordförbättring,

rening, kolsänka mm.). Vid jordförbättring måste biokol näringsberikas för att inte ta näring från omkringliggande jord, samt hur mycket näring som ska tillföras efter anläggningen bör finnas med i skötselplan. Bara mineraler anser också att biokol inte bör ses som räddningen för all växtlighet och att det finns situationer där biokol inte tillför något till växtligheten, utan att konsumenten måste veta vilka egenskaper som substratet ska ge växterna. Peab Malmö gör en poäng av att nyttan med biokol i urbana miljöer inte är tillräckligt vetenskapligt bevisat, och poängterar att det är en skillnad på växtsituation i odlad miljö och i urban miljö. Både Bara mineraler och Peab Malmö har en något tillbakalutad inställning till användandet av biokol som jordförbättringsmedel, och som det här arbetet har bekräftat krävs en del kunskaper om biokol och hur den reagerar med marken. Det är bara Stockholm stad som har någon form av standardiserade växtbäddar med biokol som de använder, i Uppsala anpassas de till varje enskild situation.

För att ta kontroll över kvalitén på biokol har Stockholms stad en egen biokolsanläggning, något som Göteborg också utreder att göra. Det kräver omfattande kunskap kring processen och ställer krav på kunskapsnivån. Det ger utöver kontroll på kvalitén av biokol, också möjligheten till en hållbar avfallshantering samt att kunna använda den energi som skapas i processen. Uppsala kommun har idag inte den kontrollen på sin biokol utan importerar biokol, men menar att motivera en lokal produktion av biokol kräver en efterfrågan. Det som Stockholms stad och så småningom Göteborgs stad (beroende på resultatet av deras förundersökning) eventuellt skulle kunna göra är att inleda försök med att producera biokol eller PCM av råmaterial som har högt mineraliskt innehåll, till exempel animalisk gödsel och/eller slaktavfall. Det skulle eventuellt förhindra att normal nedbrytning av detta material som ofta ger utsläpp av växthusgaser förhindras genom stabilisering (Gaunt och Cowie, 2009). Frågan uppstår om man kan använda sig av den forskning som idag finns tillgänglig som är menad att undersöka hur biokol påverkar skörd och biomassa på vegetation i urbana miljöer, vilket Peab Malmö framför framhåller som en brist i forskningen. Det är fastställt att det idag inte går att bekräfta biokols inverkan på urbana växtsituationer utifrån dagens forskningsresultat, men potentialen finns för att biokol kan ge positiv inverkan.

Det saknas forskning på de långsiktiga effekterna av att använda biokol som jordförbättring men eftersom städerna behöver verksamma lösningar

genast använder man ändå biokol och hoppas på det bästa. Att utvecklingen sker på den nivå i Stockholm det gör idag, ger möjlighet för tillämpad forskning i verkliga situationer i stadsmiljö. Det finns möjligheter för samarbete som skulle kunna leda till resultat som ger riktlinjer för biokolets användning i urbana miljöer, vilket redan görs en hel del idag bland annat Uppsala, Stockholm stad och Bara mineraler deltar i forskningsstudier.

Det som är slående med biokolets användning är det cirkulära tänkandet, kretsloppet som det medför. Det har många användningsområden, det kan användas som jordförbättring, medel för att minska växthusgaser, avfallshantering, dagvattenrening, filtrering av tungmetaller och även energiutvinning. Det finns många potentiella fördelar med biokol som innefattar mer än användandet av biokol för att främja grönytor i urbana miljöer även om det är en del av att hantera klimatförändringar som vi står inför. Den svaga punkten är att forskningen inte ligger i fas med det behov som finns. De som idag står för den främsta användningen och driver utvecklingen av biokol ligger idag på individuella kommuner, bönder och företag, enligt Lehmann och Joseph (2009).

Frågan är om biokol inte borde uppmärksammas mer på nationell nivå och att politiker bör ta ansvar över klimatfrågan genom att se till att mer medel kommer till forskning på biokol, med resultat som kan tillämpas och förhoppningsvis leda till i klimatpositiva effekter. Som tidigare nämnt har Sverige i och med att den nya klimatlagen trätt i kraft 2018, bestämt att minska sina klimatnegativa utsläpp med 85% år 2045 jämfört med 1990 års utsläpp (Naturvårdsverket, 2017). I och med det bör intresset för användandet av biokol i egenskap av att kunna minska växthusgasutsläpp finnas. Barrow (2012) skriver att biokol är ett av få praktiska medel som kan minska den globala uppvärmningen, genom sin koldioxidlagring och minskande av mer potenta växthusgaser som lustgas och metan. Det finns även indirekta fördelar med användningen av biokol genom avfallshantering att förbättra ståndort under mark, som leder till att vegetationen då kan producera mer och bättre ekosystemtjänster.

5.1.3 Hur ska de som arbetar med förvaltning och planering av gröna ytor förhålla sig till biokol i den urbana miljön?

Det går inte att komma ifrån att det ännu inte är vetenskapligt visat att biokol som jordförbättring ger förbättrade grönytor eller växtbäddar genom sin näringshållande samt vattenhållande egenskaper, inte heller är det bevisat att det är en hållbar långsiktig lösning. Gällande den långsiktiga användningen är Terra Preta-jordarna intressanta, och man kan se att biokol bevaras i marken under mycket lång tid, eftersom biokol är ett stabilt organiskt material. Det finns försök på jordbruksmark som visar på positiva effekter av biokol. Eftersom markförhållandena kan skilja sig markant mellan stad och jordbruksmark, kan det vara en idé att studera biokolsförsök som har utförts på degraderad jord, eller jordar som har låg näringshållande förmåga, som exempelvis sandiga jordar. Det är bland annat påvisat i studier av Scharenbroch et al. (2013), som såg en ökad biomassa på 44% i både lerig, siltig och sandig jord, medan Schulz et al. (2013) visade att tillförd biokol hade en signifikant positiv påverkan på tillväxten i sandig jord, där biokol var berikad med kompost.

Olika biokolsegenskaper är av stor betydelse för om det kommer att tillföra positiva effekter i växtbäddar, och förståelsen för biokols komplexitet är vital och avgörande för utgången av resultatet. Genom att använda biokol som är certifierad enligt EBC, har man dokumentation om biokolets råvara och pyrolysisprocess och egenskaper samt en garanti för transparens i produktionen. Biokol av träbaserat råmaterial samt en långsam pyrolysisprocess ger en produkt som har stora makroporer, vilket är av vikt för de vatten- och näringshållande egenskaperna. Viktigt att komma ihåg vid val av biokol är att i och med att biokol innehåller mycket organiskt kol (C) men inte nämnvärt mycket kväve (N) kan detta göra att C/N kvoten blir ofördelaktig för växten och då behöver näring tillsättas för att växten inte ska få näringsbrist. Studien av Schulz et al. (2013) visar på att C/N kvoten blir mer fördelaktig vid tillförsel av näringsrik kompost till biokol. Hur detta sker på bästa sätt är inte helt klarlagt, och det är något som Alvem et al (20190430) önskar mer forskning på. Det finns en risk att det tillsätts för mycket näring, vilket inte är bra för miljön eftersom det kan leda till övergödning och i värsta fall rinna ut i grundvatten och vattendrag. Det är särskilt viktigt att ta

hänsyn till C/N-kvot vid tillförsel av gödsel i jordar som redan har höga nivåer av kväve.

Biokolets vattenhållande egenskaper är inte lika väldokumenterade som dess näringshållande egenskaper. Det behövs mer forskning på det området som Atkinson (2018) skriver om biokolets inverkan på växttillgängligt vatten och att de fysikalisk-kemiska egenskaperna spelar stor roll för att kunna ge några generella riktlinjer. Om biokol ska användas som jordförbättring är det viktigt att förstå att det inte går att garantera positiva resultat eftersom det saknas forskningsresultat och riktlinjer.

Det ges i det här arbetet inga definitiva svar på hur man som ansvarig för grönytor ska göra för att få positiva resultat, för det finns ingen enkla svar. Jag vill med det här arbetet visa på komplexiteten vid användningen av biokol som jordförbättringsmaterial och vad man bör ha kontroll på innan projektstart. Nedan kommer ett förslag på lista med vilka parametrar som behöver tas hänsyn till.

Först och främst gäller det att ställa sig frågan:

- Vad ska biokol fylla för syfte? (Jordförbättring, vattenrening, kolsänka, samt även avfallshantering och energiproduktion) Detta avgör vilka egenskaper som biokolet ska ha för att uppfylla syftet. Ska biokol fylla fler syften än ett, kan det behövas en kompromiss i hur väl biokolet är anpassat, eftersom det finns forskning som visar på att olika egenskaper hos biokol är olika bra för olika syften.

Vid användning av biokol som jordförbättring bör dessa parametrar tas hänsyn till:

- Ta reda på biokolets råvara och pyrolysisprocess, biokolets egenskaper. Biokolets egenskaper spelar stor roll för hur resultatet med biokol kommer reagera i jorden. Att använda sig av biokol som har en certifiering som EBC ger en insyn och garanti i biokolets egenskaper. Biokol är inte en produkt, det är flera.

- Läsa på om biokol. Detta är viktigt att vara medveten om biokolets användningsområden, biokolets egenskaper och hur biokolets reagerar i marken. Biokol har stor potential inom alla användningsområden, men vid fel användning kan det ge konsekvenser som inte är önskvärda.
- Hur ser ståndort och markegenskaper ut idag? Är det gatumiljö, parkmark, takplantering, odlingsmiljö osv. Även vilken typ av växtbädd som ska användas: skelettjordsplantering, regnbädd, jordförbättring av befintlig jord med biokol. Det är viktigt att veta vilka egenskaper som de andra substrat som ska användas i växtbädden integrerar med biokol, till exempel påverkas biokol av pH och näringsinnehåll.
- Näringstillförsel till biokol. Som det tidigare skrivits om i arbetet så är det av betydelse att biokol som ska användas i växtbäddar är näringsladad, eller består av ett näringsrikt råmaterial. Annars kan det ske att biokolet tar näring av jorden från växten, vilket leder till negativt växtresultat. Det finns både näringsberikad och naturell biokol på marknaden. Även en skötselplan på fortsatt tillförsel av näring bör funderas på.
- Merkostnader av användandet av biokol. Biokol kostar pengar att anlägga, finns ingen egen produktion av biokol så kostar biokol pengar att inhandla, och med i beräkningen bör tas att biokol kan förlänga och krångla till anläggningsprocessen. Kan kostnaden vägas upp av resultaten som biokol ger? I bästa fall får man frisk och hållbar växtlighet som bidrar med ekosystemtjänster av tillsättning med biokol, jämför med traditionella planteringar. I värsta fall fungerar inte biokolet alls i planteringen ur växtsynpunkt och investeringen går förlorad.
- Följa upp resultat och följa med i aktuell forskning. Biokol är på framfart och ny forskning publiceras. Kolla eller dokumentera sina egna planteringar med biokol vilka resultat som biokolet ger.

6 Referenser

6.1 Muntliga referenser

Alvem B.-M., Embrén, B. Gustafsson M. (20190430) Stockholm Stad, Trafikkontoret & Ecotopic. Svar på intervjuformulär skickat via mail

Lindqvist, H. (20190417) Planeringsledare Träd, Park- och naturförvaltningen, Göteborg stad. Svar på intervjuformulär skickat via mail.

Eriksson, J. (20190827) Miljöstrateg/projektledare, Stadsbyggnadsförvaltningen. Uppsala kommun. Svar på intervjuformulär skickat via mail.

Syrén, B. (20190821) Bara mineraler AB. Svar på intervjuformulär skickat via mail.

Skogar, M. (20190911) Peab Anläggning AB, Region Syd. Svar på intervjuformulär skickat via mail.

6.2 Referenser

- Alvem, B.-M., Trafikkontoret, Grönjörd, R. & Sweco Architects 2017.
Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok. In: Stad, S. (ed.) 3 ed.
Ashman, M. R. 2002. *Essential soil science : a clear and concise introduction to soil science*, Oxford, Blackwell Science.

- Atkinson, C. J. 2018. How good is the evidence that soil-applied biochar improves water-holding capacity? *Soil Use and Management*, 34, 177-186.
- Bara Mineraler Ab. 2019. Tillgänglig: <https://www.baramineraler.se/om-oss/> [30/9 2019].
- Barrow, C. J. 2012. Biochar: Potential for countering land degradation and for improving agriculture. *Applied Geography*, 34, 21-28.
- Bezerra, J., Turnhout, E., Vasquez, I. M., Rittl, T. F., Arts, B. & Kuyper, T. W. 2017. The promises of the Amazonian soil: shifts in discourses of Terra Preta and biochar. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 1-13.
- Bhattacharya, I., Yadav, J. S. S., More, T. T., Yan, S., Tyagi, R. D., Surampalli, R. Y. & Zhang, T. C. 2015. Biochar. *I*: Surampalli, R. Y., Zhang, T. C., Tyagi, R. D., Naidu, R., Gurjar, B. R., Ojha, C. S. P., Yan, S., Brar, S. K., Ramakrishnan, A. & Kao, C. M. (eds.). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Boverket 2012. Vision för Sverige 2025. Karlskrona: Boverket, Publikationsservice.
- Boverket 2016. *Rätt tätt : en idéskrift om förtätning av städer och orter*, Boverket.
- Brassard, P., Godbout, S. & Raghavan, V. 2016. Soil biochar amendment as a climate change mitigation tool: Key parameters and mechanisms involved. *J Environ Manage*, 181, 484-497.
- Bruegmann, R. 2005. *Sprawl a compact history*, Chicago, University of Chicago Press.
- C/O City. 2016. *Grönytefaktor för allmän platsmark 2.0* [Online]. Tillgänglig: <https://www.cocity.se/sa-gor-du/gronytefaktor-allman-platsmark-2-0/> [2019-04-12].
- Chan, K. Y. & Xu, Z. 2009. Biochar for environmental management : science and technology. *I*: Lehmann, J. & Joseph, S. (eds.). London: Earthscan.
- Dahl, C., Jergmo, F., Klein, H., Nilsson, G., Olsson, T., Rasmusson, A., Bergquist, D., Emilsson, T., Fransson, A.-M., Randrup, T. B. & Andersson, U. E. 2017. *Ekosystemtjänsternas bidrag till god urban livsmiljö*, Stockholm, Naturvårdsverket.
- Deak Sjöman, J., Sjöman, H. & Johansson, E. 2015. *Träd i urbana landskap*, Lund, Studentlitteratur.
- Dempsey, J. & Robertson, M. M. 2012. Ecosystem services. *Progress in Human Geography*, 36, 758-779.
- Downie, A., A, C. & Munroe, P. 2009. Biochar for environmental management : science and technology. *I*: Lehmann, J. & Joseph, S. (eds.). London: Earthscan.

- Ebc. 2012. *European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar*. [Online]. Arbaz, Switzerland: European Biochar Foundation (EBC). Tillgänglig: <http://www.european-biochar.org/en/download> [2019-04-23].
- Gaunt, J. & Cowie, A. 2009. Biochar for environmental management : science and technology. *I*: Lehmann, J. & Joseph, S. (eds.). London: Earthscan.
- Gustafsson, E.-L., Slagstedt, J. & Ståhl, Ö. 2015. Förstå jorden. *I*: Sjöman, H. & Slagstedt, J. (eds.) *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. ed. Lund: Studentlitteratur.
- Göteborgs Stad. 2019. *Organisation och ledning i park- och naturförvaltningen* [Online]. Tillgänglig: https://goteborg.se/wps/portal/start/kommun-o-politik/kommunens-organisation/forvaltningar/forvaltningar/park--och-naturforvaltningen/organisation-och-ledning/!ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziTYzcDQy9TAy93V0dzQ0cTZ2NTH39_I0dg830wwkpiAJKG-AAjgb6BbmhigAPtjSg/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ [9/5 2019].
- Ipcc 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *In*: Core Writing Team, R. K. P. a. L. a. M. (ed.). Geneva, Switzerland.
- Johansson, O. H. B. 1980. Det stora bostadsbyggandet: succé och baksmälla. *I*: Arkitekturmuseet (ed.) *Svenskt bostadsbyggande 1930-80 Funktionalismens genombrott och kris : svenskt bostadsbyggande 1930-80 : [utställning utförd av Arkitekturmuseet ...]*. Stockholm: Arkitekturmuseet.
- Kammann, C., Ippolito, J., Hagemann, N., Borchard, N., Cayuela, M. L., Estavillo, J. M., Fuertes-Mendizabal, T., Jeffery, S., Kern, J., Novak, J., Rasse, D., Saarnio, S., Schmidt, H.-P., Spokas, K. & Wrage-Mönnig, N. 2017. Biochar as a tool to reduce the agricultural greenhouse-gas burden – knowns, unknowns and future research needs. Taylor & Francis.
- Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I. & Regina, K. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – Results from a short-term pilot field study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140, 309-313.
- Kaudal, B. B., Chen, D., Madhavan, D. B., Downie, A. & Weatherley, A. 2016. An examination of physical and chemical properties of urban biochar for use as growing media substrate. *Biomass and Bioenergy*, 84, 49-58.

- Kimetu, J., Lehmann, J., Ngoze, S., Mugendi, D., Kinyangi, J., Riha, S., Verchot, L., Recha, J. & Pell, A. 2008. Reversibility of Soil Productivity Decline with Organic Matter of Differing Quality Along a Degradation Gradient. *Ecosystems*, 11, 726-739.
- Lehmann, J. 2007. A handful of carbon. *Nature*, 447, 143.
- Lehmann, J. 2009. *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision*, Dordrecht, Springer Netherlands.
- Lehmann, J. & Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management : science and technology. *I*: Lehmann, J. & Joseph, S. (eds.). London: Earthscan.
- Lehmann, J., Pereira Da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. & Glaser, B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249, 343-357.
- Levinsson, A. 2018. *Biokolsförsök med lindar i Lund = A biochar experiment in a lime-tree planting in Lund*, Alnarp, Alnarp : Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Mench, M., Schwitzguébel, J.-P., Schroeder, P., Bert, V., Gawronski, S. & Gupta, S. 2009. Assessment of successful experiments and limitations of phytotechnologies: contaminant uptake, detoxification and sequestration, and consequences for food safety. *Environmental Science and Pollution Research*, 16, 876-900.
- Mertelik, J., Kloudova, K., Pankova, I., Krejzar, V., Kudela, V. & Stenlid, J. 2013. Occurrence of horse chestnut bleeding canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi* in the Czech Republic. *Forest Pathology*, 43, 165-167.
- Miljödepartementet & Utrikesdepartementet 2018. Från och med idag har Sverige en klimatlag.
- Mukherjee, A., Lal, R. & Zimmerman, A. R. 2014. Effects of biochar and other amendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of an artificially degraded soil. *Science of the Total Environment*, 487, 26-36.
- Naturvårdsverket 2017. *Fördjupad analys av svensk klimatstatistik 2017*, Stockholm, Naturvårdsverket.
- Park, J., Choppala, G., Bolan, N., Chung, J. & Chudasavathi, T. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant and Soil*, 348, 439-451.
- Patel, R. & Davidson, B. 2003. *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*, Lund, Studentlitteratur.
- Peab Ab. 2019. Tillgänglig: <https://peab.se/om-peab/var-verksamhet/ao-anlaggning/> [30/9 2019].

- Piscitelli, L., Rivier, P.-A., Mondelli, D., Miano, T. & Joner, E. 2018. Assessment of addition of biochar to filtering mixtures for potential water pollutant removal. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 2167-2174.
- Pyne, S. J. 1997. *World fire : the culture of fire on earth*, Seattle, Washington ;, University of Washington Press.
- Rowell, D. L. 1994. *Soil science : methods and applications*, Harlow, Longman.
- Rudberg, E. 1980. 1940- 1969 Bostadspolitik med förändrade förutsättningar. I: Arkitekturmuseet (ed.) *Svenskt bostadsbyggande 1930-80 Funktionalismens genombrott och kris : svenskt bostadsbyggande 1930-80 : [utställning utförd av Arkitekturmuseet ...]*. Stockholm: Arkitekturmuseet.
- Scb. 2018. *Folkmängd, topp 50* [Online]. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/topplistor-kommuner/folkmangd-topp-50/> [04-03 2019].
- Scharenbroch, B. C., Meza, E. N., Catania, M. & Fite, K. 2013. Biochar and biosolids increase tree growth and improve soil quality for urban landscapes. *Journal of environmental quality*, 42, 1372.
- Schimmelpfennig, S. & Glaser, B. 2012. One step forward toward characterization: some important material properties to distinguish biochars. *Journal of environmental quality*, 41, 1001.
- Schulz, H., Dunst, G. & Glaser, B. 2013. Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 817-827.
- Stockholm Stad. 2016. *Biokol skapar ett effektivt kretslopp* [Online]. Tillgänglig: <https://www.stockholm.se/ByggBo/Avfall-och-atervinning/Pagaende-projekt/Biokol/> [05-09 2019].
- Stockholm Stad. 2019. *Trafikkontoret* [Online]. Tillgänglig: <https://stad.stockholm/organisation/fackforvaltningar/trafikkontoret/> [9/5 2019].
- Svanström, S. 2015. Urbanisering – från land till stad. *SCB:s tidskrift Velfärd*, 1/2015, 26-27.
- Svedberg, O. 1980. Funktionalismens bostadsprogram - en bakgrundsskiss. I: Arkitekturmuseet (ed.) *Svenskt bostadsbyggande 1930-80 Funktionalismens genombrott och kris : svenskt bostadsbyggande 1930-80 : [utställning utförd av Arkitekturmuseet ...]*. Stockholm: Arkitekturmuseet.
- Takano, T. 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. *Millenium Assesment*.

- Teeb 2011. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. www.teebweb.org.
- Un 2016. The World's Cities in 2016 – Data Booklet (ST/ESA/SER.A/392). In: Division, D. O. E. a. S. a. P. (ed.).
- Uppsala Kommun. 2018. *Uppsala är världens bästa klimatstad 2018* [Online]. Tillgänglig: <https://www.uppsala.se/kampanjsidor/arets-klimatstad-2018/> [30/9 2019].
- Van Zweiten, L., Singh, B., Kimber, S., Cowie, A. & Chan, K. Y. 2009. Biochar for environmental management : science and technology. I: Lehmann, J. & Joseph, S. (eds.). London: Earthscan.
- Vangronsveld, J., Van Der Lelie, D., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., Thewys, T., Vassilev, A., Meers, E., Nehnevajova, E. & Mench, M. 2009. Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research International*, 16.
- Woods, W. & Denevan, W. 2009. *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision*, Dordrecht, Springer Netherlands.

7 Bilagor

7.1 Bilaga 1. Intervjudokument för Göteborg Stad

Namn: Hans Lindqvist, Planeringsledare Träd, Park- och naturförvaltningen, Göteborg

Svarsdatum: 2019-04-17

- Hur kom ni i kontakt med biokol och användandet av detta i växtbäddar och jordar?
Vi har varit intresserade av biokol ganska länge. Det har väl ursprungligen varit från artiklar om "Terra preta"-systemet från Sydamerika.
- Vad var det som fick er att överväga att börja med biokol?
Vi ser egentligen bara "win-win"-situationer med att använda biokol, som kolsänka, som bärare av näring och vatten, för rening av dagvatten, boosta träden mot marklevande patogener, etc. Problemet har varit och är att säkerställa kvaliteten på biokolet från leverantör. Därför har vi gjort en förstudie för att se om vi ska bygga en egen biokolsanläggning i Göteborg.
- Hur mycket undersökningar/inläsningar ni gjort på biokol och varifrån har ni i så fall tillgodosett er den informationen?
Jag har själv läst in ett 10-tal vetenskapliga artiklar och några populärvetenskapliga artiklar om biokol. Jag har sökt dessa artiklar i Google Scholar.

- Varifrån har ni fått kunskap om hur biokol ska användas i jorden, dvs appliceringsmängd i förhållande till jord, eventuella näringstillsatser. Har ni eller planerar ni göra egna försök med biokol?

Se ovan, plus att jag har varit, vid två tillfällen, på studiebesök i Stockholm, dels för att se på deras växtbäddar, dels för att se på deras biokolsanläggning.

- Vilka resultat förväntar ni er av att använda biokol i växtbäddar?

Vi kan, i linje med Stockholms växtbäddar, bygga växtbäddar där vi helt utesluter jord, där vi kan få bra tillväxt, bra vatten och näringsmagasin (med berikad biokol), bra rening av dagvatten. Detta gäller så väl för träd som för buskar och perenner.

- Finns det situationer som ni anser vara mer eller mindre lämpligt att använda biokol i växtbäddar?

Nej, jag kan inte se situationer där vi inte skulle vinna på att använda biokol.

- Vad kommer ni att ställa för krav på vilka egenskaper det biokol ni ska använda har och hur förväntas detta kontrolleras?

Ingångsmaterialet till biokolen ska vara trä (ligninbaserat material)

Pyrolystemperaturen ska uppgå till över 450° C

Syre/kol-kvoten ska vara så låg som möjligt ($O/C < 0,2$)

Biokolet ska vara certifierat enligt den europeiska standard som finns

- Har ni några andra anledningar att använda biokol i växtbäddar än ur växternas synpunkt?

Ja, att vi binder kol i marken för en väldigt lång tid (om O/C -kvoten är låg) och att vi kan rena dagvatten.

7.2 Bilaga 2. Intervjudokument för Stockholm Stad

Namn: Britt-Marie Alvem, Björn Embrén, Mattias Gustafsson från Ecotopic
Svarsdatum: 2019-04-30

- Vilka krav på biokolets egenskaper har och hur kontrollerar ni detta?

*Certifiering enligt europeisk standard när vi köper den på marknaden,
Vid egen tillverkning så är det trädgårdsavfall vi använder*

- Vilket råmaterial använder ni och hur ser pyrolyprocessen ut?

*Trädgårdsavfall som grenar och pinnar, julgranar,
Pyrolyprocess: Två parallella reaktorer med ca 600–700 grader i. Pyrolysgasen
förbränns direkt och rökgasen driver pyrolyprocessen. För att starta upp anlägg-
ningen behöver vi använda gasol. För pressbild se www.pyreg.de*

- Skapar ni olika sorter/typer av biokol för olika ändamål? T.ex. en typ biokol för växtbäddar, och en typ för lagring av koldioxid. Om inte, är det något som ni funderar på?

*Nej det behövs inte. Dock kan olika biokol vara bra på att ta upp föroreningar så i
filtersammanhang kan man behöva fundera på vilket typ av biokol som man vill
använda.*

- Hur ser en konstruktion ut med biokol i växtbäddar?

*Här hänvisar jag till växtbäddar i Stockholms stad - en handbok 2017
<https://www.stockholm.se/KulturFritid/Park-och-natur/Trad/>*

- I hur stor utsträckning använder ni biokol till era växtbäddar?

*Trafikkontoret använder biokol i alla trädplanteringar, de senaste åren har det
handlat om 200–300 träd per år. Hos de övriga förvaltningarna inom staden vari-
erar siffran*

- I vilka typer av växtbäddar använder ni er av biokol?

Främst trädplanteringar men även, busk- och perennnytor samt gräs
<https://www.stockholm.se/KulturFritid/Park-och-natur/Trad/>

- Funderar ni på att göra biokol av olika typer av råmaterial?

Nej det gör vi inte

- Vilka resultat får ni att ha biokol i era växtbäddar och hur mäter ni detta?

Just nu mäter vi tillväxten hos träden i växtbäddar med och utan biokol, vi har medverkat i ett forskningsprojekt där man mätt temperatur och fukt i växtbäddar. Vi medverkar i projekt där vi ska mäta vattenkvalitet,

- Är ni helt självförsörjande på biokol eller importerar ni delvis?

Har varierat över åren

- Finns det situationer som ni anser vara mindre lämpliga för biokol?

Nej

- Vad tror ni om den långsiktiga användningen av användandet av biokol i växtbäddar, vilka utmaningar kan ni tänka er att ni står inför?

Hur kontroll av kvalitén på biokolen skall fungera

- Vilken kontakt har ni med Europa om utvecklingen av biokol?

Konstant utbyte av kunskaper med universitet, biokolstillverkare, andra städer etc.

- Vad skulle ni vilja se mer forskning på inom biokol?

Hur vi på bästa sätt kan tillföra näring till biokolen

7.3 Bilaga 3. Intervjudokument för Uppsala kommun

Namn: Johan Eriksson, Miljöstrateg Stadsbyggnadsförvaltningen Uppsala kommun

Svarsdatum: 2019-08-27

- *Hur kom ni i kontakt med biokol och användandet av detta i växtbäddar och jordar?*

Via konsulter som konstruerade växtbäddarna.

- *Vad var det som fick er att överväga att börja med biokol?*

Uppsala kommuns högt satta klimatmål i kombination med krav enligt miljökvalitetsnorm för Fyrisån (recipient i staden). Dvs det är både biokol i marken som kolsänka och biokol som absorbent för föroreningar och näringsämnen som är målet med användningen.

- *Hur mycket undersökningar/inläsningar ni gjort på biokol och varifrån har ni i så fall tillgodosett er den informationen?*

Mycket av informationen fås via expertisen i Sverige. Den förmedlas via våra konsulter. Dessutom deltar Uppsala i kunskapsuppbyggnaden genom att vi anlägger testbäddar för att bl.a. kunna kontrollera biokolets reningseffekt.

- *Vad ställer ni för krav på vilka egenskaper det biokol ni ska använda har och hur förväntas detta kontrolleras?*

Än så länge ställs inga specifika krav på biokolet. Jag tror det senaste levererades från Tyskland.

- *Har ni några andra anledningar att använda biokol i växtbäddar än ur växternas synpunkt?*

Uppsala använder inte biokol i första hand för att boosta växtligheten för stadsträd, så som t.ex. Stockholm gör. Det är främst en positiv klimat- och reningseffekt som avses.

- *Vilka fördelar respektive nackdelar ser ni med att använda biokol?*

Anläggandet med olika jordblandningar blir något mer komplicerat. Biokol kan innehålla vissa föroreningar som PAH och dioxin.

Fördelarna är att det ska vara en långsiktig fosforkälla och bidra till att binda föroreningar i marken så att de inte kommer till vattendrag.

- *Hur kan en konstruktion ut med biokol i växtbäddar se ut?*

Det finns många detaljer som kan skilja. En viss inblandning av biokol i jorden blandas vanligen för att få önskade jordegenskaper.

- *Vilka resultat får ni att ha biokol i era växtbäddar och hur mäter ni detta?*

Utvärdering pågår genom att installera mätutrustning och genomföra mätningar under flera år.

- *Vad skulle ni vilja se mer forskning på inom biokol?*

Uppsala deltar redan i <https://www.biokol.org/> , men det kommer hela tiden upp nya frågeställningar och tillämpningsområden. För att motivera lokal produktion är det bra att skapa en efterfrågan. Användningen i växtbäddar är för liten för att motivera lokal biokolproduktion. Fler tillämpningsområden är därför bra.

7.4 Bilaga 4. Intervjudokument för Bara mineraler

Namn: Bengt Syrén, Bara Mineraler AB

Svarsdatum: 21/8 2019

- *Varifrån köper ni in er biokol ifrån och vilka krav ställer ni på det? Säljer ni olika typer av biokol?*

Från Sverige och från några olika leverantörer i Europa. Vi kräver någon form av certifiering. Vi vill veta vad det är för biokol vi har att göra med. En vanlig certifiering är EBC. I annat fall kräver vi att de analyser som gjorts motsvarar typ EBC. Vill vi att hela kedjan från råvara, tillverkningsprocess och färdig råvara ska vara hållbar och miljömässig. Vi vill ha kontroll över produkten. Detta medför tex att biokol från Asien, Afrika och Sydamerika väljer vi bort pga. vi anser inte det är miljömässigt hållbart. Biokol bör produceras på ett miljömässigt och hållbart sätt i

vår närmiljö. All råvara är i dagsläget skogsråvara. Framöver tror jag att det kommer att finnas biokol från annat ursprung på marknaden som uppfyller våra krav. Gärna producerat i Sverige. Beroende på önskemål från kund kan vi erbjuda olika typer av biokol.

- *Hur mycket undersökningar/inläsningar ni gjort på biokol?*

Vi kräver och gör själva analyser på all biokol vi hanterar för att säkerställa att det är en ok produkt vi arbetar med. Det är både kemiska analyser men även fysikaliska analyser. Detta gör vi för att se vilka egenskaper har biokolen. Vi testar både biokol separat men även färdiga substrat med och utan biokol. Det har med stor tydlighet visat sig att olika råvara ger en slutprodukt med stora variationer i egenskaper i biokolen. Även tillverkningsprocessen kan skapa biokol med olika egenskaper. Vi följer den forskning som bedrivs i världen. Vi gör egna försök. Vi är med i många olika forskningsprojekt/referensgrupper/nätverk/konferenser ... kopplade till biokol. Vi följer upp projekt där vi varit delaktiga för att se hur växtligheten ter sig över tid.

- *Vilka rekommendationer ger ni era kunder angående biokol gällande anläggning och underhåll?*

Blandar man in biokol i substrat måste den laddas/näringsberikas för att inte riskera att biokolen binder till sig all näring med följd att man får näringsbrist i växtbädden. Ladda biokol bör göras vid anläggandet. Tillförsel av näring bör sedan ske regelbundet och bör regleras i skötselprogrammet. Hur länge och hur mycket beror till stor del på vilken typ av substrat och växtlighet som gäller på platsen. Här kommer mycket av de "gröna fingrarna" in. Växtlighet är inte statiskt utan varierar över tid och som skötselansvarig måste du vara uppmärksam och reagera på verkligheten. Det går inte att slaviskt följa ett skötselprogram som gjorts i förväg. Används biokolen primärt till att rening utan växtlighet är näringsberikning inte aktuellt.

- *Finns det situationer där ni inte rekommenderar biokol?*

Svar ja. Bara för att du tillför biokol är det inte räddningen på all växtlighet. Du måste veta vilka egenskaper ditt substrat måste ha för att ge växtligheten de förutsättningar de behöver för att frodas och leverera. Biokol är en tillsats av många som bidrar med egenskaper i ett substrat. Du måste titta på helheten och då kan svaret på frågan bli ja, biokol tillför inte något till växtligheten. Men sedan kan man lägga till andra parametrar som tex klimatnytta och då kan svaret bli något annat. Biokol fördyrar ett substrat jämfört med utan biokol och detta är också en parameter att ta hänsyn till.

- *Finns det några arbetsmiljökrav som är specifika för hanteringen av biokol?
Om så är fallet, beskriv gärna dessa.*

Ren biokol har ofta mycket finmaterial och detta gör att det dammar. Lämpligt att skydda sig för att undvika att andas in finpartiklar. Även den omgivande miljön kan ta skada av att det dammar runt ett moln av kolpartiklar. När biokolen är inblandad i ett substrat är denna risk betydligt mindre. Vi på bara Mineraler undviker biokol med finmaterial som kan orsaka arbetsmiljöproblem.

- *Följer ni upp resultaten av biokol som era kunder får?*
Ja

- *Finns det något ni saknar i forskningen med användandet av biokol i urbana miljöer?*

Biokol är inte ett nytt fenomen utan har använts i odlingssammanhang både i Sverige och i världen genom åren. I urbana miljöer är det dock relativt nytt. Det finns mycket forskning som gjorts om biokol på laboratorienivå. Det blir en annan sak när vi kommer ut verkligheten där vi har att göra med ett komplext system. Detta gäller inte bara när vi pratar specifikt biokol. Urban miljö är stora komplexa system där många olika parametrar samverkar och påverkar varandra. Här gäller det att ge det tid och utvärdera resultat över tid. Viktigt att använda sig av nollrutor dvs system med biokol och system utan biokol för att kunna jämföra. Vilken typ av biokol skall vi använda i vilka miljöer för att få maximal nytta?

Rening är ett intressant område där det finns alldeles för lite studier i stor skala.

Jag vet att det börjat göras studier på regnbäddar för att kunna följa dessa över tid där fokus är rening av metaller.

Klimatnytta är en del som är viktig att belysa. Hur kan man räkna på detta och hur står biokol sig i förhållande till annat som också bidrar till klimatnytta.

Tid, utvärdering och jämförelse med och utan biokol kan man sammanfatta det.

7.5 Bilaga 5. Intervjudokument för Peab

Namn: Magnus Skogar, projektchef Peab anläggning AB, region syd

Datum: 2019-09-11

- *Hur länge har ni använt er av biokol i era anläggningar?*

Inget vi använder som "standard", vi styrs av vad beställaren efterfrågar i handlingarna, första projektet som jag stötte på där vi använde det var 2014 nere i Västra Hamnen när vi gjorde en bostadsgård. Sen har vi vid något tillfälle använt det i vårt drift &

underhållsprojekt mot stadsfastigheter i Malmö när vi har gjort odlingsytor till förskolor.

- *Sker användandet av biokol på erat initiativ eller är det på beställarens initiativ?*

Beställarens initiativ i upphandlade anläggningskontrakt. I våra drift & underhållskontrakt har vi möjlighet att påverka valet av material då vi i dessa arbeten sällan har någon upphandling vid underhållsarbeten utan vi tar fram den tekniska lösningen.

- *I vilka olika sammanhang använder ni biokol i planteringar? T.ex. bostadsgårdar offentliga platser eller dylikt.*

Personligen har jag bara stött på det på bostadsgårdar.

- *I hur stor utsträckning använder ni biokol till era växtbäddar?*

I dagsläget använder vi det i liten utsträckning, det känns inte som det riktigt har slått igenom ännu då det som många andra "mirakelmedel" inom trädgårdsindustrin saknas vetenskaplig verifiering på att det verkligen fungerar, det är mycket tyckande och vaga personliga uppfattningar som styr mycket av hur hårt något marknadsförs från säljarleden.

- *Varifrån köper ni in er biokol som ska användas och vilka krav ställer ni på biokol?*

Bara mineraler. Vi har inte ställt några specifika krav.

- *Finns det några arbetsmiljökrav som är specifika för hanteringen av biokol?*

Inte som jag vet, men skulle man ställa frågan till arbetsmiljöverket så skulle det säkerligen kräva andningsskydd i samband med att det hanteras då det dammar en hel del kolpartiklar.

- *Följer ni upp resultaten av biokol i era växtbäddar?*

Nej det har vi inte gjort mer än att vi rent visuellt har sett bra resultat, sen om det beror på biokolen är omöjligt att svara på, en ordentligt upphandlad garantiskötsel har nog större betydelse eller att man ser till att använda en planteringsjord istället för överblivna schaktmassor i planteringsytorna.

- *Finns det situationer som ni anser vara mindre lämpliga för biokol?*

Inte vad jag kan komma på.

- *Hur går ni till väga när ni anlägger växtbäddar med biokol?*

Vi blandar in biokolen på plats med grävmaskin, vänder runt det i jorden.

- *Finns det något ni saknar i forskningen med användandet av biokol i urbana miljöer?*

Mycket, finns ju egentligen ingen som kan påvisa (vetenskapligt) att biokol överhuvudtaget har någon effekt (som jag känner till)? Samma sak gäller ju med pimpsten. Mycket forskning riktar sig ju mot odling/växthusodling där det finns andra ekonomiska incitament till forskning, när det gäller växter i urban miljö är det mycket säljare och några få individer som ”tycker en massa” och lite godtyckligt (det som styrker fördelarna med deras produkt) plockar forskning riktad till odlingsindustrin, forskning som där man använt substratet i ett helt annat sammanhang under helt andra förutsättningar.

